



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Een gedreven buitenstaander: J.H. van 't Hoff de eerste Nobelprijswinnaar voor Scheikunde

Berg, R.E. van den

Citation

Berg, R. E. van den. (2021, October 6). *Een gedreven buitenstaander: J.H. van 't Hoff de eerste Nobelprijswinnaar voor Scheikunde*. Uitgeverij Prometheus, Amsterdam. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3214868>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3214868>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

een gedreven buitenstaander

Een gedreven buitenstaander

J.H. van 't Hoff
de eerste Nobelprijswinnaar
voor Scheikunde

Proefschrift

ter verkrijging van
de graad van doctor aan de Universiteit Leiden,
op gezag van rector magnificus prof.dr.ir. H. Bijl,
volgens besluit van het college voor promoties
te verdedigen op woensdag 6 oktober 2021
klokke 15:00 uur

door

Robert Erwin van den Berg
geboren te Rotterdam in 1961

Promotores: Prof.dr. F.H. van Lunteren (Sterrewacht Leiden)
Prof.dr. D. van Delft (Sterrewacht Leiden)

Promotiecommissie:

Voorzitter: Prof.dr. H.J.A. Röttgering (Sterrewacht Leiden)
Secretaris: Prof.dr. E.J.J. Groenen (Universiteit Leiden)
Overige leden: Prof.dr. E. Homburg (Universiteit Maastricht)
Prof.dr. A.P. Philipse (Universiteit Utrecht)
Dr. G.J. Somsen (Universiteit Maastricht)
Dr. B. van Tiggelen (Science History Institute, Paris)

Deze biografie is mede mogelijk gemaakt door de Stichting Fysische Chemie Utrecht, het Amsterdams Universiteitsfonds en het Van 't Hoff Fonds, Amsterdam.



AMSTERDAMS UNIVERSITEITSFONDS

The author gratefully acknowledges a New Scholars Award from the Society for the History of Alchemy and Chemistry.

© 2021 Rob van den Berg

Inhoud

Inleiding • 9

Proloog • De betekenis van de wetenschappelijke biografie • Een Nederlandse revival? • En daarom: een biografie van Van 't Hoff

Wanderjahre 1852-1877

1

Vanuit een ambachtsheerlijke hoeve • 23

Schouten en schepenen • Rotterdamse jeugdijaren • De Rotterdamse hbs
• Een technoloog uit Delft • Nieuwe inspiratiebronnen: Comte en Byron

2

Hollands proza, Duitse poëzie • 47

De sleutelstad • Een Leids romanticus • Naar de grootmeester van de chemie
• Utrecht-Parijs-Utrecht

3

Moleculen in drie dimensies • 69

Over chemische structuren en theorieën • Wislicenus en het melkzuur
• De aanloop naar het *Voorstel* • De inhoud van het *Voorstel* • Een heel gewoon proefschrift

4

Triomferen op pegasus • 92

Een verrassing uit Frankrijk • De eerste reacties • Het probleem van het appelzuur • *La chimie dans l'espace* • De strijd met Berthelot om het styreen
• Twee positieve reacties • Persoonlijke ontwikkelingen • De aanval van Kolbe

Amsterdam 1877-1895

5

Verbeeldingskracht in Amsterdam • 119

Eindelijk: een Amsterdamse universiteit • Eindelijk: een lectoraat • De nuttigheid der chymie en pharmacie • Een nieuw laboratorium? • Alsnog hoogleraar
• De oratie • Verbeeldingskracht in de wetenschap • Nóg een verbintenis

6

Op weg naar een nieuwe chemie • 145

Scheikunde in Amsterdam • De strijd tegen Morpheus • De Ansichten • De wet van Guldberg en Waage • Van 't Hoff en de Akademie van Wetenschappen: een moeizame relatie

7

Op zoek naar evenwicht • 165

Stilte voor de storm • Thermochemie vs. thermodynamica • Van 't Hoff's innovaties • De affiniteit • Reacties op de *Études* • De leerjaren van Svante Arrhenius • Elektrolyse en (opnieuw) dissociatie

8

Oplossen en uiteenvallen • 192

Osmotische druk • De analogie tussen oplossingen en gassen • De Zweedse connectie • Het driemanschap krijgt vorm • Dissociatie!

9

Niet naar Leipzig • 215

Internationale wetenschap • Leipzig komt vrij • Een niet erg aantrekkelijke positie? • Intussen in Nederland... • Een onverwachte wending

10

Thuis in Amsterdam • 233

Terug uit Leipzig • Het nieuwe laboratorium • Een jaar van grote tegenstellingen • De onderzoeksschool van Van 't Hoff

11

Een eigen tijdschrift • 251

De lijn Amsterdam-Leipzig • Een succesverhaal • Het einde van een vriendschap

12

Op de grens van fysica en chemie • 262

Een nieuw werelddeel • Het ontstaan van de fysische chemie

13

Het wilde leger der Ioniërs • 273

De verdunningswet van Ostwald • Reacties uit Duitsland • De bijeenkomst van de British Association van 1890 in Leeds • De osmotische theorie betwist • Geen straatvechter

14

Naar Berlijn • 299

Berlijn meldt zich • Op de bres voor Van 't Hoff • Een nieuwe kans • Intussen in het zuiden van Duitsland en Zwitserland • De kogel gaat door de kerk • Naschrift

Berlijn 1895-1911

15

Berlijn en de Akademie • 335

Thuis in Duitsland • De Pruisische Akademie • De strijd om de instituten

16

Dementia salis • 351

Een nieuwe start • De Stassfurter kali-industrie • Het Berlijnse zoutonderzoek • Het belang van Van 't Hoff's zoutonderzoek • Van 't Hoff's steunpilaren

17

The greatest living physical chemist • 375

Voor het eerst naar Amerika • Chicago en Boston

18

Een brief uit Stockholm • 389

Arrhenius praat zijn mond voorbij • Achter de schermen van het Nobelcomité

• De plechtigheden in Stockholm • Arrhenius en het Nobelinstituut voor Chemie

• Een bezoek aan de Keizer

19

Het kompas verloren • 405

Een enorm verlies • Ereambten en een lastige kwestie • Een pijnlijke affaire: het Deutsches Museum

20

Opleving en neergang • 419

De poëzie hervonden • Een langzame neergang • Van 't Hoff's dochters

• Een onfortuinlijke schoonzoon • Van 't Hoff's zonen

21

Bescheiden, beminnelijk en blijmoedig • 441

En toch maar weer door • De laatste maanden • Een groot chemicus

Epiloog • 454

De balans van een leven • Van 't Hoff's wortels • Van 't Hoff's ambities • Van 't Hoff's persoonlijkheid

Afkortingen • 470

Noten • 471

Bibliografie • 595

Illustratieverantwoording • 634

Lidmaatschappen, eredoctoraten, onderscheidingen • 635

Chronologie • 637

Woord van dank • 640

Summary • 642

Register • 645

Curriculum vitae • 658



Inleiding

Populair schrijven over Van 't Hoff acht ik een onmogelijkheid, en hij die aan dit opstel iets wil hebben, ik moet hem verzoeken, niet slechts te lezen, doch zulk een aandacht aan de lectuur te besteden, dat zijn lezen op studeeren gelijkjt. – Ch.M. van Deventer¹

Proloog

Op 5 september 1874 publiceerde de jonge scheikundestudent Jacobus Henricus van 't Hoff – schijnbaar uit het niets – een brochure van twaalf pagina's, waarin hij een oplossing aandroeg voor een probleem waar zijn oudere en meer ervaren collega's in binnen- en buitenland tot dan toe hun tanden op stuk hadden gebeten. Hij was nog niet eens afgestudeerd toen hij het cruciale inzicht kreeg, precies een jaar eerder, in de Utrechtse universiteitsbibliotheek, waar hij gebogen over boeken en artikelen zat te studeren voor zijn doctoraalexamen. Toen de 'geestdoodende invloed' van de bibliotheek hem even te veel werd, had hij zijn werk onderbroken en was hij naar buiten gegaan voor een wandelingetje in de Utrechtse binnenstad. 'Onder den invloed van de frissche lucht,' zoals hij later aan zijn studenten zou vertellen, zag hij plotseling in dat moleculen een ruimtelijke structuur hebben, en dat dat gevolgen heeft voor hun eigenschappen. Daarmee ontketende hij een revolutie in de scheikunde, al zou het nog even duren voordat dat besef daadwerkelijk tot iedereen was doorgedrongen. Sterker nog, nadat een Duitse vertaling van zijn brochure was verschenen, moest hij zich de hoon laten welgevalen van een grootheid op scheikundegebied. Maar Van 't Hoff had het gelijk aan zijn zijde en spoedig zou zijn roem zich verbreiden. Hij werd aangesteld als hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam, waar hij met zijn studenten een nieuw onderzoek oppakte dat hem in 1901 de allereerste Nobelprijs voor de Scheikunde zou opleveren.

Bij dat onderzoek liet hij zich vaak leiden door zijn intuïtie. Naast een grondige kennis van de wetenschappelijke literatuur was de verbeeldingskracht voor hem de belangrijkste gids op het pad naar ontdekkingen, iets waarvan hij getuigde in zijn intrede aan de universiteit, die voor velen van zijn toehoorders moet hebben geklonken als vloeken in de kerk, maar die tegenwoordig nog altijd vermaardheid geniet. Met de verbeelding als gids ging hij op zoek naar het simpele inzicht, dat hij onderbouwde met de hoogstnodige wiskundige afleidingen en illustreerde aan de hand van ook eenvoudige, maar gedegen experimenten. De natuur op zo'n manier haar geheimen ontfutselen, daar ontleende hij het grootste genoegen aan. Aan onderwijs geven, colleges en

practica, had hij een broertje dood, hoewel hij wel altijd door studenten werd geprezen voor zijn heldere uiteenzettingen: ‘Hij was in staat om een boer chemie te leren,’ zoals een van hen het uitdrukte. Een echt grote afkeer had hij van alle administratieve beslommeringen en de vele vergaderingen die het werk van een hoogleraar met zich meebracht. En waar hij na een eerste aanbod uit Leipzig in 1887 nog besloot te blijven omdat Amsterdam hem een nieuw laboratorium in het vooruitzicht stelde, vertrok hij acht jaar later na een lange, roerige zomer naar Berlijn. Daar kon hij zich wél zo goed als ongestoord aan onderzoek wijden. Om alle bovengenoemde redenen is Van ’t Hoff altijd een buitenbeentje gebleven binnen de Nederlandse natuurwetenschappen. Over die kleurrijke persoon gaat dit boek.

De betekenis van de wetenschappelijke biografie

Levensbeschrijvingen van ‘grote’ wetenschappers zoals die tot aan het midden van de vorige eeuw geschreven werden, waren stevast ronkende weergaves van geniale ontdekkingen, gekruid met persoonlijke anekdotes. Vaak speelden bij het schrijven ervan nationalistische motieven en het verheerlijken van een roemrijk verleden een rol.² De tot nu toe enige biografie van Van ’t Hoff, uit 1912,³ van de hand van zijn leerling en vriend Ernst Cohen, verscheen in een serie met de veelzeggende titel: *Grosse Männer. Studien zur Biologie des Genies*.⁴ Elk taalgebied kende wel een soortgelijke reeks of bundeling⁵ – in Nederland werd deze traditie voortgezet met Sevensma’s *Nederlandsche helden der wetenschap* (1946) en Gerrits’ *Grote Nederlanders bij de opbouw der natuurwetenschappen* (1948). De geschiedenis van de wetenschap is echter méér dan een overzicht van grote mannen (en een enkele vrouw) en hun ontdekkingen. Als de daden van een hoofdpersoon worden uitvergroot, is het risico groot dat anderen slechts als achtergrond dienen. Zo’n aanpak kan ontaarden in hagiografie en mythologisering van een stuk geschiedenis, helemaal wanneer een biografie gericht is op een breed publiek. Het is daarentegen juist een van de taken van een wetenschapshistoricus om te proberen dit soort mythes kritisch te analyseren.

Zo groeide het besef dat een biografie helemaal geen minder hoogstaande vorm van geschiedschrijving *hoeft* te zijn. Een biografie kan een ‘literaire lens bieden waardoor we de impact van externe factoren op de wetenschap kunnen bestuderen.’⁶ Steeds vaker werd in biografieën plaats ingeruimd voor de verbanden tussen het leven en werk van wetenschappers en de maatschappelijke, intellectuele en politieke omgeving waarin zij hun werk deden; voor wetenschap als een collectieve activiteit met sociale normen en conventies, voor de laboratoriumpraktijk, voor de dynamiek van disciplinevorming en voor het ontstaan en de groei van wetenschappelijke tijdschriften.⁷ Terwijl groten als Einstein, Darwin en Madame Curie zich konden blijven verheugen in de belangstelling van biografen, kwam er ook aandacht voor het werk van ‘gewone’ wetenschappers, voor instrumentmakers en technici, voor de rol van

vrouwen in de wetenschap. De impact van een meer sociaalhistorische aanpak van het wetenschapshistorisch onderzoek leidde ertoe dat ‘moderne’ biografen zich veel meer bewust werden van de sociale, politieke en culturele context waarin de door hen geportretteerde wetenschappers opereerden.⁸ Daarbij vergruisde het ooit populaire beeld van het eenzame, onbegrepen genie, dat zijn tijd (te) ver vooruit was. Ook geniale wetenschappers bleken in tal van opzichten een ‘kind van hun tijd’.

Maar pogingen om vernieuwingen binnen de wetenschap te relateren aan sociale en culturele omstandigheden, dragen ook een risico in zich. Zo voerde de Amerikaanse wetenschapshistoricus Paul Forman deze benadering wel heel ver door toen hij in een zeer invloedrijke en tegelijk controversiële studie betoogde dat de in wezen wetenschapsvijandige cultuur van Weimar-Duitsland een *doorslaggevende* rol had gespeeld in de interpretatie en acceptatie van de acausale quantummechanica.⁹ Hij beschouwde de door hem gesignaleerde hang onder Duitse fysici naar een nieuw soort fysica, ontdaan van de aloude deterministische en materialistische connotaties, als een ‘capitulatie’ voor de levensfilosofische tijdgeest die na de verloren oorlog opgang maakte in intellectuele kringen in Duitsland. Deze stellingname, bekend geworden als de Forman-these, gaf aanleiding tot veel discussie, zowel ten aanzien van deze specifieke casus, alsook in meer algemene zin: tegenstanders betoogden dat Forman wetenschappers degradeerde tot marionetten. Daartegenover plaatsten zij een andere visie op diezelfde Duitse fysici, namelijk die van actieve en autonome deelnemers binnen een cultuur, die vrijelijk een selectie maakten uit de voorradige culturele middelen (‘cultural resources’), om aldus problemen binnen hun vakgebied op te lossen, en die zo tot nieuwe inzichten kwamen: ‘Forman should have contented himself with treating them as participants in their culture, rather than as capitulators to it.’¹⁰

In een biografie is het bij uitstek mogelijk om deze tegenstelling – tussen wetenschap als losgezongen van de context en wetenschap als bovenal een product van plaats en tijd – op het niveau van een individu op te lossen. Juist door de opvattingen en handelingen van een wetenschapper in detail te situeren in plaats- en tijdgebonden omstandigheden is het mogelijk creatieve en vernieuwende bijdragen te herkennen en op hun merites te beoordelen. Door de ogen van een individu kan een biografie laten zien hoe binnen de wetenschap persoonlijke en externe invloeden een rol spelen en met elkaar wisselwerken. In de woorden van de Amerikaanse historicus Thomas Hankins:

The ideas and opinions expressed by our subject come from a single mind and are integrated to the extent that the person was able to integrate them in his own thoughts. We have [...] his scientific, philosophical, social and political ideas wrapped up in a single package.¹¹

Daarmee is niet gezegd dat het eenvoudig is om zo'n 'single package' te duiden. Hankins wees er al op dat met name de wetenschappelijke kant van iemands leven vaak uiterst ingewikkeld is voor iemand buiten het betreffende vakgebied, zeker waar deze het kronkelig pad betreft waarlangs wetenschappelijke ontdekkingen of theorieën tot stand komen.¹² Het is dan ook al te verleidelijk om dit onderliggende proces maar weg te laten en de opgeschoonde resultaten te behandelen in aparte hoofdstukken, uitsluitend gericht op de wetenschappelijk onderlegde lezer. Maar op die manier komen iemands persoonlijkheid of karakter en diens wetenschappelijke werk los van elkaar te staan en gaat de meerwaarde van inzicht in hun onderlinge beïnvloeding verloren: 'If a biography is also to be a work of history of science, it must analyze ideas, intellectual sources, training, controversies, calculations, experiments, and so on and put these elements into the life.'¹³ En dat stelt eisen aan de kennis en het inzicht van een biograaf.

Daarnaast is de biografie ook een populair historisch genre en biedt zij (wetenschaps)historici een uitgelezen podium. Biografieën, en wetenschaps-historisch onderzoek in meer algemene zin, kunnen bij een groot en breed publiek bijdragen aan het vergroten van het inzicht in de wetenschappelijke praktijk, en van het begrip voor wat de wetenschap allemaal vermag.¹⁴ Volgens de Amerikaanse wetenschapshistoricus J.L. Heilbron hadden wetenschapshistorici dit aspect van hun werk te veel verwaarloosd en was mede daardoor hun invloed op het gebied van wetenschapseducatie of wetenschapspolitiek te beperkt. Daarom nam hij vlak na het verschijnen van zijn schitterende Planck-biografie¹⁵ zijn collega's de maat en daagde hij hen uit hun ivoren toren te verlaten:

The contribution of historians to an understanding of what made recent science work was as promising as the contribution of scholastic philosophers to the art of ballistics.¹⁶

Sinds Heilbrons pleidooi is er veel veranderd. Wetenschapshistorici namen de handschoen op en publiceerden biografieën die de ambities, de passies, de teleurstellingen en de morele keuzes schetsen die het leven van wetenschappers kenmerken. Zo schreef David Cassidy veelgeprezen biografieën van getormenteerde genieën als Werner Heisenberg en Robert Oppenheimer, en werden van de Darwin-biografie van Desmond en Moore – toch een serieuze wetenschappelijke uitgave van meer dan achthonderd pagina's – meer dan honderdduizend exemplaren verkocht.¹⁷

Ook op het gebied van de geschiedenis van de chemie zijn de afgelopen jaren prachtige voorbeelden verschenen van goed geschreven biografieën, waarin zowel aandacht is voor ontwikkelingen in de wetenschappelijke praktijk als voor het karakter van individuele wetenschappers. Ik volsta hier met het kort bespreken van twee daarvan, die bovendien allebei aansluiten bij het

onderwerp van deze biografie en ook personen betreffen met wie Van 't Hoff direct te maken heeft gehad. Beide biografieën zijn ook afkomstig van dezelfde auteur, Alan Rocke, emeritus hoogleraar in de geschiedenis van wetenschap en technologie aan Case Western Reserve University in Cleveland.¹⁸ In *The Quiet Revolution* combineerde hij het levensverhaal van de Duitse chemicus Hermann Kolbe met een gedetailleerd overzicht van de ontwikkeling van de structuurchemie in het midden van de negentiende eeuw, oftewel de 'stille revolutie'. Kolbe was een moeilijk en omstreden figuur, die we ook in verband met Van 't Hoff nog uitgebreid zullen tegenkomen. Hij leverde aanvankelijk belangrijke bijdragen aan de scheikunde, maar voerde in de laatste twintig jaar van zijn leven juist fel oppositie tegen wat hij beschouwde als nieuwlichterij en daarmee tegen de scheikundigen die hij daarvoor verantwoordelijk achtte. Rocke slaagde er overtuigend in om zowel Kolbes passie als zijn paranoia te vatten, en hij deed dat tegen de achtergrond van een wetenschappelijke ommekeer in het Duitsland van rond 1850. In *Nationalizing Science* deed hij iets soortgelijks. Vanuit het standpunt van het leven van de Franse chemicus Adolphe Wurtz gaf hij een analyse van de Franse en Duitse scheikundige cultuur: 'By defining the historical context in its cognitive, social, political and cultural dimensions, Rocke provides a vivid picture of the dialectics between his character's life and milieu.'¹⁹

Aan de hand van voorbeelden als die van Rocke, Cassidy of de al wat oudere, exemplarische Newton-biografie van Richard Westfall²⁰ is de biografie voor wetenschapshistorici weer een nuttig instrument geworden en heeft het genre zich een uitstekende status weten te verwerven.²¹ Een biografie stelt de lezer in staat zich te identificeren met wetenschappers die geconfronteerd worden met lastige keuzes in hun leven en werk en die worstelen met de omstandigheden waaronder zij hun onderzoek doen:

We need more biographical studies that ground the development of science in the lives of concrete, individual scientists, examining these lives in a critical way, without either heroizing or diabolizing them, and placing them within their appropriate cultural contexts.²²

En daarom behoeft aldus Klaas van Berkel 'het schrijven van biografieën tegenwoordig geen rechtvaardiging meer. [...] Het is een manier om – in het geval van een geleerde of een dichter – de verwevenheid van leven en werk te analyseren en daarmee het werk beter te begrijpen.'²³

Een Nederlandse revival?

Waar echter in de ons omringende landen de wetenschappelijke biografie al lang het dedain van zich had afgeschud, bleef in Nederland onder wetenschapshistorici nog een zekere koudwatervrees bestaan wat betreft het schrijven van

biografieën. Dirk van Delft constateerde in 1995 zelfs een ‘terra incognita’ wat betreft de Nederlandstalige professionele geleerdenbiografie: van geen van de Nederlandse Nobelprijswinnaars uit de Tweede Gouden Eeuw, de hoogtijdagen van de Nederlandse wetenschap, bestond op dat moment een volwaardige biografie.²⁴ Volgens Van Delft kwam dit omdat zo’n geleerdenbiografie een biograaf vereist die van vele markten thuis is: exact begaafde historici waren er nauwelijks, natuurwetenschappers hadden het veel te druk met hun onderzoek, journalisten hadden vaak alleen oog voor smeulende anekdotes, en wetenschapshistorici deden liever thematisch onderzoek, want dat levert publicaties op. Toch zijn er sinds Van Delft zijn noodkreet slaakte gelukkig wel een aantal biografen opgestaan, die ‘als veerman tussen alfa en beta’ de oversteek hebben gemaakt. Zelf ontfermde hij zich over Kamerlingh Onnes²⁵ én onlangs (samen met Frits Berends) over Lorentz,²⁶ van wie in 2019 tegelijkertijd – wat een luxe! – zelfs een tweede biografie het licht zag, Van der Waals kreeg er een,²⁷ naast een Engelstalige,²⁸ en ook van briljante en internationaal bekende wetenschappers als de bioloog Hugo de Vries,²⁹ de plantenziektkundige Johanna Westerdijk,³⁰ de astronomen Jacobus Kapteyn³¹ en Jan Hendrik Oort,³² en de wiskundige en filosoof L.E.J. Brouwer³³ zijn inmiddels volwaardige biografieën verschenen. Dat heeft ook zeker te maken met de stimulans van het Prins Bernhard Cultuur Fonds, dat in de jaren negentig geld vrijmaakte voor een tiental biografieën uit deze periode. Daarnaast kwam er in 2011 een door de Koninklijke Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen en (toen nog) Museum Boerhaave geïnitieerde Boerhaave Biografieprijs ter bekroning van een biografie van een wetenschapper of van de uitgave van de wetenschappelijke correspondentie van een wetenschapper. Op dit moment zijn er op Pieter Zeeman na van alle vroege Nederlandse Nobelprijswinnaars uit de Tweede Gouden Eeuw biografieën verschenen.

Maar hoe zit het dan met Jacobus Henricus van ’t Hoff? Dat Van Delft Cohens biografie niet meenam in zijn overwegingen had vast te maken met het ‘grote mannen’-karakter ervan. En inderdaad kent het boek nogal wat tekortkomingen. Cohen was een typische positivist: net als in zijn chemisch onderzoek telden in zijn wetenschapshistorische werk slechts de feiten. Dat werk kenmerkt zich dan ook door een opsomming van anekdotes, waarbij de culturele en maatschappelijke context op de achtergrond is geraakt of zelfs geheel ontbreekt. Volgens Snelders ‘ging het Cohen [...] niet zozeer om de historische ontwikkeling van chemische theorieën, maar vooral om het biografische en anekdotische’.³⁴ Wat overigens niet wil zeggen dat hij geen uiterst nuttig werk heeft afgeleverd: ‘Net zoals hij in zijn wetenschappelijk werk uit de literatuur alle bijzonderheden wist te halen, wist hij in zijn historisch werk tal van onbekende feiten uit de vergetelheid te onttrekken.’³⁵ Wat Van ’t Hoff betreft bevond Cohen zich in dit verband ook wel in een uitgelezen positie. Vanaf het midden van de jaren tachtig stond hij in Amsterdam

in nauw contact met zijn leermeester – ze zagen elkaar dagelijks in het laboratorium – en na diens vertrek uit Amsterdam is hij tot aan diens dood met hem blijven corresponderen. Bovendien ontwikkelde hij een goede relatie met de familie, zodat hij bij het schrijven van zijn biografie toegang kreeg tot Van 't Hoff's nagelaten papieren en correspondentie. Alleen Van 't Hoff's dagboeken uit zijn laatste jaren werden door echtgenote Jenny eerst overgeschreven en dus in gecensureerde vorm aan Cohen ter beschikking gesteld.

Zolang het maar een positief beeld opleverde. Cohens biografie is niet zozeer een hagiografie, als wel een goed voorbeeld van wat Söderqvist een 'eulogy and labor of love' noemt, de wetenschappelijke biografie als een werk van publieke en private herdenking.³⁶ Ook bleef Van 't Hoff's persoonlijk leven zo goed als onbelicht.³⁷ Het boek bevat geen enkel citaat uit de jarenlange briefwisseling tussen Van 't Hoff en zijn echtgenote, en niets over de relatie tot zijn kinderen. Erg onpraktisch is verder dat literatuurverwijzingen bijna volledig ontbreken, wat het lastig en soms onmogelijk maakt de oorspronkelijke bronnen op te sporen, helemaal omdat hij veel citaten uit het Nederlands in het Duits vertaalde. Een voordeel is wel dat hij veel bronnenmateriaal in extenso opnam; het meest extreme voorbeeld hiervan is het dagboek dat Van 't Hoff bijhield tijdens zijn eerste reis naar Amerika in 1901. Dat beslaat (in Duitse vertaling) bijna vijftig bladzijden (ongeveer een tiende) van de biografie. Voor wetenschapshistorici vormt deze biografie, net als de talrijke artikelen die Cohen schreef over 'sein Freund', een ware fundgrube aan materiaal, waar nog altijd dankbaar gebruik van wordt gemaakt, al krijg je er 'nauwelijks een goed idee uit van diens historische plaats en betekenis voor de wetenschap van zijn tijd'.³⁸

Cohen zou ook in de jaren na het verschijnen van zijn biografie blijven publiceren over Van 't Hoff en de ontwikkelingen binnen de fysische chemie.³⁹ Daarnaast schreef een andere voormalige student van Van 't Hoff, Willem Jorissen, samen met Lodewijk Reicher een boek over Van 't Hoff's onderzoeksgroep in Amsterdam⁴⁰ en kwam hij later met een aantal interessante ontdekkingen op basis van eigen archiefonderzoek.⁴¹ Sindsdien verschenen tientallen (meest korte) levensbeschrijvingen,⁴² bijvoorbeeld bij gelegenheid van Van 't Hoff's honderdste geboortjaar (in 1952)⁴³ of sterfjaar (in 2011), of het honderdjarig jubileum van zijn Nobelprijs in 2001.⁴⁴ In dat jaar schreef Cordfunke een wat langere biografie, op basis van bestaande literatuur,⁴⁵ maar na 1912, het jaar waarin Cohens biografie verscheen, heeft niemand zich gewaagd aan een alomvattende biografie op basis van archiefonderzoek en de stortvloed aan later verschenen wetenschappelijke publicaties over het wetenschappelijk werk van Van 't Hoff en zijn relaties tot zijn tijdgenoten.

Sommige auteurs gingen verder dan Cohen en wisten belangrijke deelaspecten van het werk van Van 't Hoff te belichten. Zo analyseerde Robert Root-Bernstein in zijn proefschrift het ontstaan van de fysische chemie van-

uit Van 't Hoff's theorie van de verdunde oplossingen en Arrhenius' dissociatietheorie alsmede de strijd die de 'Ioniërs' Van 't Hoff, Ostwald en Arrhenius voerden om hun ideeën ingang te doen vinden.⁴⁶ Peter Ramberg deed iets soortgelijks in zijn beschrijving van de vroege geschiedenis van de stereochemie, waarin hij naast de ontwikkeling van de structuurtheorie schetste hoe de theorieën van Van 't Hoff en Le Bel over de ruimtelijke structuur van moleculen ondanks felle tegenstand langzaam maar zeker werden geaccepteerd.⁴⁷ Daarnaast verschenen er symposiumbundels bij het honderdjarig jubileum van Van 't Hoff's *Voorstel*⁴⁸ en zijn Nobelprijs.⁴⁹ Belangrijk was ook het werk van Hans-Günther Körber, die een geannoteerde uitgave verzorgde van de correspondentie van Wilhelm Ostwald met Arrhenius en Van 't Hoff.⁵⁰ Ten slotte verdienen de publicaties van de Nederlandse wetenschapshistoricus Harry Snelders en zijn Duitse collega Regine Zott hier een speciale vermelding. Naast twee boeken over de geschiedenis van de scheikunde in Nederland,⁵¹ publiceerde Snelders tussen 1973 en 1993 zo'n vijftien artikelen in (inter)nationale tijdschriften en bundels over het werk van Van 't Hoff en met name over diens stereochemische ideeën.⁵² Zott publiceerde, naast een drietal bundels met correspondentie tussen tijdgenoten van Van 't Hoff,⁵³ een aantal artikelen over de komst van Van 't Hoff naar Berlijn en de tijd die hij daar doorbracht.⁵⁴ Dus waar veel inhoudelijke aspecten van Van 't Hoff's werk wel degelijk in artikelen en boeken zijn uitgevent, was er voor Van 't Hoff's persoonlijk leven geen enkele aandacht en daarmee ook helemaal niet voor de manier waarop dat leven en werk verstrengeld waren – zo is zijn persoonlijke correspondentie tot nu toe grotendeels onbekend gebleven. Het behoeft geen betoog dat juist een biografie de mogelijkheden biedt om dit soort aspecten expliciet aan bod te laten komen.

En daarom: een biografie van Van 't Hoff

Het was dus hoog tijd voor een nieuwe kijk op het leven van de eerste Nederlandse Nobelprijswinnaar. Voor een biografie die een evenwichtig beeld schetst van Van 't Hoff's leven en werk, die beide plaatst in hun bredere wetenschappelijke context, en die ook de invloeden waaraan Van 't Hoff blootstond in kaart brengt. En dat niet alleen op basis van zijn eigen boeken en artikelen en de hierboven genoemde en verdere literatuur, maar ook gebruikmakend van de volledige correspondentie met collega's en familieleden, en een vracht aan persoonlijke documenten zoals dagboeken van hemzelf, zijn echtgenote en zijn dochter. Na de dood van zijn echtgenote Jenny in januari 1935, werden al die documenten en bezittingen gelijkelijk verdeeld tussen de twee dochters, Jenny en Aleida, van wie de eerste na de Eerste Wereldoorlog vanuit Berlijn met haar moeder was teruggekeerd naar Nederland, en de ander na haar huwelijk met een Amerikaanse hoogleraar in 1908 haar hele leven in de Verenigde Staten zou verblijven. De ene helft van het archief werd in 1965 door Aleida

geschonken aan Johns Hopkins University in Baltimore, terwijl de andere helft in februari 1966 door de dochters van Jenny werd geschonken aan het (latere) Rijksmuseum Boerhaave in Leiden. Ten slotte bevindt zich nog een groot aantal persoonlijke documenten in handen van de familie, in wat ik het ‘Van ’t Hoff Huisarchief’ heb genoemd.

Aan de hand van zo veel mogelijk literatuur en archiefmateriaal uit tal van Nederlandse en buitenlandse archieven heb ik getracht mijn licht te laten schijnen op het leven en werk van Van ’t Hoff: zijn persoonlijkheid, zijn familieachtergrond, zijn passies, zijn ambities, zijn vriendschappen, en ook op de sociale en politieke omstandigheden waarin dat leven zich afspeelde, deels in Nederland, in zijn geboorteplaats Rotterdam, in Amsterdam, de plaats waar hij zijn grote ontdekkingen deed, en in de wereldstad Berlijn, waar zich het laatste deel van zijn leven voltrok. Ik heb dat dan niet ‘à la Cohen’ gepresenteerd als een verzameling van losstaande biografische details, maar getracht het persoonlijke en het wetenschappelijke met elkaar te vervlechten en hun onderlinge betrekkingen en invloeden aan het licht te brengen. Zoals Hankins in meer algemene zin al opmerkte, kwam daarbij het lastige punt aan de orde dat Van ’t Hoff’s wetenschappelijke werk vrij theoretisch van aard is en zich daardoor minder goed leent voor een populaire weergave.⁵⁵ Ik heb daar toch een poging toe ondernomen en de regel dat elke formule het lezerspubliek halveert maar voor lief genomen. Iedereen met interesse voor de exacte wetenschappen en een rudiment aan middelbareschoolkennis zou in staat moeten zijn het werk van Van ’t Hoff te begrijpen. Aan de andere kant was het absoluut niet nodig een diepteanalyse te bieden van al zijn wetenschappelijke ontdekkingen. Daarvoor verwijs ik graag naar het werk van anderen. Mijn doel was een biografie die het midden hield tussen *The private lives of Albert Einstein*,⁵⁶ waarin de auteurs ‘een badkuip vol familiemiserie [aanlegden] met een vingerhoed wetenschap’⁵⁷ en *Subtle is the Lord*, de Einstein-biografie van Abraham Pais, waarin Einsteins leven een volledig ondergeschikte rol speelt.⁵⁸

Van ’t Hoff is een intrigerende figuur, iemand die zich onderscheidde van de grauwe middelmaat. Als student verraste hij de chemische wereld met zijn ideeën over de ruimtelijke structuur van moleculen en de consequenties van die structuur voor de optische activiteit van verbindingen. Daarmee werd hij de vader van de stereochemie. Tijdens zijn periode als hoogleraar in Amsterdam werkte hij aan een theorie van het chemisch evenwicht door bevindingen uit de thermodynamica toe te passen binnen de scheikunde. Ook wist hij een verklaring te geven voor fysische eigenschappen van verdunde oplossingen, met name van de osmotische druk. Dit onderzoek zou hem niet alleen de eerste Nobelprijs voor Chemie opleveren, maar zorgde mede voor de ontwikkeling van een nieuw vakgebied binnen de scheikunde, de fysische chemie. Na zijn vertrek naar Berlijn, dat gepaard ging met veel rumoer, werkte hij meer dan

tien jaar aan onderzoek naar het neerslaan van zouten uit een oplossing, deels ten behoeve van de Duitse kali-industrie. En naast al zijn wetenschappelijke successen was hij ook bekend (en zelfs berucht) door het pleidooi in zijn oratie voor de rol van de verbeeldingskracht in het wetenschappelijk onderzoek.

Deze opvallende levensfeiten roepen natuurlijk ook een reeks aan interessante vragen op. Wat bracht hem er als jong student toe een brochure te schrijven, waarmee hij de scheikunde letterlijk de ogen opende voor het feit dat je moleculen pas kunt begrijpen als je hun ruimtelijke structuur in beschouwing neemt? Hoe haalde hij het in zijn hoofd om te wijzen op het belang van de fantasie tegenover een publiek van meest oudere collega's bij wie degelijkheid, voorzichtigheid en vooral objectiviteit hoog in het vaandel stonden? Welke invloed hebben Van 't Hoff's opvattingen gehad op zijn wat geïsoleerde positie binnen de Nederlandse wetenschap in latere jaren? En hebben ze misschien wel zijn vertrek naar Berlijn bespoedigd? Wat bracht hem er eigenlijk toe een bloeiende onderzoeksgroep in Amsterdam, die werkte aan het front van de wetenschap van die dagen, te verruilen voor een geïmproviseerd laboratorium, om daar met een bonte verzameling aan gastmedewerkers en met niet meer dan rudimentaire middelen te werken aan een zo laag-bij-de-gronds probleem als zoutvorming uit een oplossing, dat ook een even volhardende, maar minder geniale geest tot een bevredigend resultaat had kunnen brengen? Verder kunnen leven en werk van Van 't Hoff ook licht werpen op meer algemene wetenschapshistorische kwesties: het vraagstuk van disciplinevorming, het negentiende-eeuwse streven naar objectiviteit in het wetenschappelijk onderzoek, het benoemingsbeleid aan Nederlandse en buitenlandse universiteiten, de internationalisering van de wetenschap en de veranderende relatie tussen onderwijs en onderzoek aan de universiteiten. Al deze kwesties zullen in de hiernavolgende hoofdstukken aan bod komen.

Waar Cohen er over deze vragen goeddeels het zwijgen toe doet, hebben wetenschapshistorici in de afgelopen jaren wél een antwoord proberen te formuleren op sommige van deze vragen. Maar ook al heeft dit in veel gevallen tot interessante en ook heel verschillende inzichten geleid, die zeker om verdergaande discussie vragen, toch hebben zij in al hun overwegingen één cruciaal aspect van het leven van Van 't Hoff veronachtzaamd: zijn persoonlijkheid, zijn karakter en de vraag hoe die zijn gevormd. Wat was bijvoorbeeld de rol die zijn ouders en met name zijn vader hebben gespeeld, niet alleen in zijn jeugd, maar ook veel later nog? Is het toeval dat er na de dood van zijn vader in 1902 op wetenschappelijk gebied niet veel nieuws meer uit zijn handen kwam? Wat was de invloed van de opvoeding die zijn ouders hem gaven en de rol die zij hem toebedeelden tegenover zijn jongere broers? Waarom hield hij bij alles wat hij deed en bij alle successen die hij behaalde toch altijd een gevoel van ontevredenheid, keek hij zelfs neer op wat hij gedaan en bereikt had, ervoer hij altijd een onvervulbaar gat in zijn leven en had hij voortdu-

rend bevestiging nodig? En waarom hield hij zich in wetenschappelijke discussies meestal afzijdig, en beklom hij niet net als zijn vrienden Arrhenius en Ostwald de barricaden ter verdediging van hun 'nieuwe' vakgebied, de fysische chemie? Ook op deze vragen wil ik in de hiernavolgende pagina's een antwoord geven, en hierbij zal de familiecorrespondentie van onschatbare waarde blijken te zijn.

Vanaf zijn vroegste jeugd heeft Van 't Hoff willen excelleren, en toen eenmaal duidelijk was dat de scheikunde hem het meeste aantrok, wilde hij op dat gebied naam zien te maken: 'de gedachte aan eenzame beroemdheid door natuuronderzoek' lachte hem zeer toe, 'maar [heeft] op zich zelf iets ijskouds', zo schreef hij net na zijn benoeming in Amsterdam aan zijn aanstaande echtgenote.⁵⁹ Ter compensatie zocht en vond hij ontspanning in lange wandelingen door de natuur, zowel in zijn zo geliefde bossen rond Hilversum en Zeist, als in de Harz en het Zwarte Woud. Als hij voor een belangrijke beslissing stond in zijn leven of een moeilijke periode doormaakte, trok hij er vaak alleen (of later met het gezin) op uit om wandelend de situatie in oogenschouw te nemen en te overdenken. Ook zocht hij, zeker in zijn jonge jaren, zijn toevlucht in de literatuur en de dichtkunst. Die vond hij met name in het leven en werk van de Engelse dichter Lord Byron, over wie hij eens schreef dat hij 'weldra tot een droog wetenschappelijk conglomeraat geslonken [zou] zijn, als ik niet aangetrokken [was] geworden door den bijna uitsluitend subjectieve Byron'.⁶⁰ Die uitspraak zegt ook veel over hoe hij tegenover zijn collega's stond. Hij wilde zich onderscheiden. We zullen zien hoe hij daardoor in zijn wetenschappelijke werk een buitenstaander bleef, niet alleen door zijn intuïtieve kijk op wetenschappelijk onderzoek, maar ook door zijn afkeer van formalisme; niet alleen binnen de Nederlandse wetenschap, maar ook binnen de scheikunde in bredere zin, waar hij onder andere met Svante Arrhenius – een van de weinige collega's met wie hij zijn leven lang bevriend is gebleven – een nieuw vakgebied schiep. Kortom, er rijst een beeld op van een wetenschapper, die vervuld van een romantische zucht naar de natuur, naar andere landen, naar de dichtkunst, blijk gaf van een enorme (wetenschappelijke) ambitie en zich bij de vervulling daarvan buiten de gevestigde orde plaatste: een vat vol tegenstrijdigheden.

Van 't Hoff's leven en werk valt op natuurlijke wijze in drieën uiteen.⁶¹ In zijn vormingsjaren was Rotterdam zijn basis, ook al bracht zijn opleiding hem na zijn hbs-examen in 1869, naar Delft, Leiden, Utrecht, Bonn en Parijs voor perioden van enkele maanden tot twee jaar. Er is geen Nederlandse wetenschapper die door zo veel verschillende universiteiten 'geclaimd' kan worden. De tweede periode van zijn leven beslaat zijn verblijf als hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam tussen 1877 en 1895. Het waren zonder twijfel zijn meest vruchtbare en ook zijn meest gelukkige jaren, waarin hij het onderzoek verrichtte dat hem wetenschappelijk op de kaart zette. Tegelijk was het

de tijd waarin hij een zekere onvrede ontwikkelde over zijn positie, over het gebrek aan controle dat hij had over zijn leven en werk, vanwege de noodzaak tot het geven van onderwijs dat een aanslag betekende op datgene waar zijn hart lag, het wetenschappelijk onderzoek. Die onvrede zou hem uiteindelijk naar Berlijn voeren, van 1895 tot aan zijn dood in 1911. Hoewel hij daar de erkenning kreeg voor zijn briljante onderzoeken en een ongeken- de status verwierf binnen de wetenschappelijke wereld in de vorm van prijzen, erelidmaatschappen, eredoctoraten en de ultieme erkenning in 1901 met de toekenning van de eerste Nobelprijs voor Scheikunde, was het zowel in per- soonlijk als wetenschappelijk opzicht een periode van neergang. Nadat hij in 1906 was getroffen door tbc kon hij zich niet meer volledig wijden aan zijn onderzoek, ook al speelde zich dat toen al nauwelijks meer aan het front van de wetenschap af. Daarbij ontstonden er problemen binnen het gezin, eerst met zijn schoonzoon, die volkomen onverwacht zelfmoord pleegde en Van 't Hoff's dochter Jenny met twee zeer jonge kinderen achterliet, en later met zijn oudste zoon Han, die uiteindelijk in een inrichting zou belanden.

Een veelbewogen leven dus, dat hopelijk een breed lezerspubliek zal aan- spreken. Daar heb ik me bij het schrijven ook op gericht. De tijd zal leren of ik erin geslaagd ben om als een vakkundig veerman op te treden bij het over- steken van de kloof tussen geschiedenis en natuurwetenschap, of ik een brug heb kunnen slaan tussen de wetenschappelijk geschoolde lezer en de geïnte- resseerde leek. Van 't Hoff verdient die brede aandacht, en zijn leven verdient het te worden geschilderd in al zijn aspecten, positief en negatief. Ik kan al- leen maar hopen dat ik er met deze biografie voldoende eer aan heb gedaan.

Rob van den Berg,
Oegstgeest, november 2020

Wanderjahre 1852-1877



Vanuit een ambachtsheerlijke hoeve

Op den bodem van in vreugd doorgebragten kinderleeftijd, heeft men in latere dagen kans op een rijken oogst. – Vader Van 't Hoff¹

Schouten en schepenen

De wijk Kort Ambacht in Zwijndrecht. Er is weinig dat nog herinnert aan een verleden. Vanaf de jaren 1950 is de polder die hier eeuwenlang heeft gelegen volgebouwd, net als meer dan de helft van de Zwijndrechtse Waard, aan de overkant van de Oude Maas bij Dordrecht. Sommige straatnamen als de Lindtse-dijk of De Hoge Devel herinneren nog aan gehuchten of riviertjes uit vroeger tijden. Hier liggen de wortels van Nederlands eerste Nobelprijswinnaar, de scheikundige Jacobus Henricus van 't Hoff. Lang voor zijn voorvaderen hier in de zeventiende eeuw kwamen wonen, was dit rivierenlandschap al bewoond en waren de inwoners verwickeld in een voortdurende strijd met het water. De oudste sporen van menselijke activiteit dateren uit de negende eeuw, en tweehonderd jaar later was Swindregt Were, zoals het gebied toen heette, grotendeels geschikt gemaakt voor landbouw. Daarnaast leefden velen van de visserij. Het was een hard bestaan, dat nog eens werd bemoeilijkt door stormvloeden, die veel slachtoffers maakten en het gebied telkens een ander aanzien gaven. Rivierlopen veranderden voortdurend, zo is de Biesbosch het gevolg van de St.-Elisabethsvloed van 1421. Maar elke keer krabbelden de overlevenden weer op, herstelden have en goed en namen maatregelen om zich nog beter tegen het water te beschermen.

Vijftien jaar geleden werden bij een woningbouwproject in dit gebied sporen gevonden van een door mensen onderhouden dijk uit het begin van de dertiende eeuw.² Dat wijst op een gecoördineerde activiteit en suggereert dat het gebied toen al vanuit een centraal punt bestuurd moet zijn geweest. Een eeuw later werd dit geformaliseerd, toen het gebied werd verdeeld in een aantal 'ambachten', met namen die we nog herkennen van huidige en vroegere gemeentes in het gebied als Strevelshoek, Rijsoord en Heerjansdam. Vermogende families kochten van graaf Willem III van Holland (1286-1337) een stuk land met de verplichting bij te dragen in de steeds weerkerende kosten van de herbedijking. In ruil daarvoor verkregen ze bepaalde rechten: op de visserij in het gebied, op het houden van weekmarkten, het innen van belastingen en het uitgeven van keuren (verordeningen).³ De ambachtsheren bouwden vervolgens molens, kerken en hoeves, van waaruit ze het gebied bestuurden. De ambachtsheerlijke zetel van het ambacht Groote Lindt was een hoeve die 't Hoff

< De jonge Henry van 't Hoff in de tijd dat hij in Bonn verbleef.

werd genoemd.⁴ Bij deze hoeve ontstond in de loop der jaren een dorp, Groote Lindt, dat uitgroeide tot een van de rijkste en grootste dorpen van de Zwijndrechtse Waard. Het is deze hoeve waar de familie Van 't Hoff haar naam aan ontleent.



*Portret van
Leendert Ariënsz.
van 't Hoff
(1689-1764).*

Vanaf de vijftiende eeuw verkregen de families die de verschillende ambachten bestuurden belangen buiten het ambacht zelf, bijvoorbeeld in het bestuur van steden of van andere ambachten. Dat had tot gevolg dat ambachtsheren steeds meer van buiten de Zwijndrechtse Waard kwamen en dus ook minder in de ambachten aanwezig waren. Daardoor werd de rol van de schouten belangrijker, lokale notabelen of voornamelijk boeren, die namens ambachtsheren de bestuurlijke en rechterlijke taken vervulden. Dit soort ambten gingen vaak over van vader op zoon, zodat deze over langere perioden een familieaangelegenheid werden. Zo bestuurdde de familie Vinck het ambacht Groote Lindt gedurende een deel van de zestiende en zeventiende eeuw, van 1562 tot 1674. Door aankoop van stukken land ontwikkelde zij zich tot de belangrijkste en meest welvarende van het gebied. Maar aan hun heerschappij kwam een eind en na een 'tussenpaus' werd in 1728 het ambt van schout en secretaris van Groote Lindt overgedragen aan Leendert Ariënsz. van 't Hoff. Hij woonde op 'het Hoff, [...] een woonhuys, schuur, keet ende boomgaard bestaande in drie

morgen lants ende nog veyff mergen vier hondert roed weylant' gelegen 'int cortambaght' van Groote Lindt. Hij had dat in 1722 voor 3600 gulden gekocht van zijn moeder 'de eerbare Neeltje van Dijk wed. van Arij Leendertsz. van 't Hoff'.⁵

Leendert was inmiddels al de vierde generatie die 't Hoff in bezit had. Over zijn voorouders is niet veel bekend, omdat de doop- en trouwboeken van Groote Lindt van vóór 1702 ontbreken. Op basis van notariële akten valt aannemelijk te maken dat zijn overgrootvader, Cornelis Leendertsz. Soeten-tijt, geboren in 1615, 't Hoff tussen 1654 en 1664 had verworven en dat daarbij zijn nieuwe achternaam was vastgelegd.⁶ Ook zijn zoon en kleinzoon komen we hier en daar tegen in koopakten of notariële schuldbekentenissen, maar zij speelden nog geen bestuurlijke rol in Groote Lindt of de Zwijndrechtse Waard. Dat veranderde pas met achterkleinzoon Leendert, wiens ster vervolgens snel rees, toen hij in 1733 ook nog werd verkozen tot hoogheemraad van de Zwijndrechtse Waard. Bij zijn intree in het College schonk hij de stad een gegraveerd glas, met een afbeelding van de aankomst van een graanschip en het lossen en verhandelen van het graan op de graanbeurs.⁷ Wat er precies op 't Hoff werd verbouwd is onbekend, maar in Groote Lindt vormde naast tuinbouw, de vlasteelt de belangrijkste bron van inkomsten.⁸ Vanaf 1745 kreeg Leendert bovendien namens de ambachtsheer de behoorlijk lucratieve rechten op de visserij in het gebied. De wateren rond Dordrecht en Zwijndrecht waren zo rijk aan zalm dat dienstboden als voorwaarde stelden slechts tweemaal in de week zalm te willen eten. De inkomsten uit de visserij werden deels gebruikt om 't Hoff te verfraaien en uit te breiden.⁹ De familie Van 't Hoff moest de visserijrechten waarschijnlijk weer afstaan toen in 1782 de ambachtsheerlijkheid werd verkocht aan de familie Van Brienem.

Veel schokkends gebeurde er niet in Groote Lindt. De zoon van Leendert, Pieter van 't Hoff besloot in oktober 1775 de jaarlijkse kermis te verschuiven naar de maandag en het tappen en verkopen van bier op zondag te verbieden, 'opdat des Heeren naam en dag door zulke ongeregelgheden niet langer ontheilgd wierde'.¹⁰ Net als zijn vader en zijn zoon Jacob van 't Hoff oefende hij beide ambten uit, dat van schout en van hoogheemraad. Na de Franse tijd werd Nederland een koninkrijk met een nieuwe bestuurlijke inrichting. Sinds 1817 heetten de schouten burgemeesters en werden bestuurlijke eenheden zoveel mogelijk samengevoegd. Zo werd Jacob in 1817 burgemeester van Groote Lindt, Heerjansdam en Oost-Barendrecht.¹¹ Het gezin van hem en zijn vrouw Maria Margaretha de Reus telde niet minder dan twaalf kinderen, van wie er drie op zeer jonge leeftijd overleden. Toen Jacob zelf in 1827 aan tyfus overleed, nam zijn oudste zoon Jacobus als laatste van de familie Van 't Hoff het burgemeestersambt waar.¹² Hij deed dat alleen niet meer vanaf 't Hoff. Datzelfde jaar werden namelijk de hoeve en de levende have verkocht, omdat geen van de zoons het boerenbedrijf kon of wilde leiden.¹³ De familie verhuisde naar

het huis Meerdervoort, maar moest daar in 1830 alweer weg. Als gevolg van de Belgische Opstand was hun levensverzekeringsmaatschappij failliet gegaan en in plaats van een flinke jaarlijkse uitkering werd het gezin met een eenmalige genoegdoening van slechts 200 gulden afgescheept. Jacobus verkocht zijn paard en rijtuig en ging in Groote Lindt wonen bij herbergier Willem Kool. Vanuit diens herberg De Steenen Kamer oefende hij zijn bestuurlijke functies uit, hetgeen in die tijd niet ongebruikelijk was.¹⁴

Jacobus' moeder Margaretha trok met de nog thuiswonende kinderen naar de Nieuwstraat in Dordrecht, waar ze kamers verhuurde aan een hulp-behoevende mevrouw van goede stand, die door de oudste dochters en een dienstertje werd verzorgd. De jongste zoon, Jacobus Henricus, geboren in 1817, bezocht eerst een kostschool in Geertruidenberg, maar viel daar niet op door bijzonder talent. Rond 1830, ten tijde van de Belgische Opstand, keerde hij terug naar huis, waarna hij nog enige jaren in Dordrecht naar school ging. In tegenstelling tot zijn oudere broers, die in het openbaar bestuur terecht waren gekomen, had hij een afkeer van kantoorwerk, dat volgens zijn broer Koos (Jacobus), de burgemeester, voor hem 'het allerongeschikste was wat hij zich denken kon. Liever souffleur in de comédie, of iets anders, daar minder geheugen voor noodig was, en minder accuratesse.'¹⁵ Hierop besloot hij om dan maar gewoon soldaat te worden. Dat veranderde op slag toen een bekende heelmeeester uit Dordrecht, Frederik Jan Haver Droeze, die aan huis kwam voor de behandeling van zijn zieke moeder, iets in hem zag en hem tegen betaling onder zijn hoede nam. Dat bleek een goede zet. Haver Droeze was een uitstekend leraar – hij wees benoemingen aan het Athenaeum van Franeker en Amsterdam af¹⁶ – en 'lette meer op wat men door werkzaamheid en oefening worden *kon*, dan op wat men als jongen van studie getoond had'.¹⁷ Jacobus deed allerlei klusjes voor hem, leerde medicijnen bereiden en bekwaamde zich in de verschillende medische vakken: de anatomie, die hij bij gebrek aan praktische oefening erg droog vond, de fysiologie en later ook de chirurgie.

Toen na drie jaar de verplichte militaire dienst in zicht kwam, probeerde hij die te ontlopen door als scheepsheelmeeester aan te monstren op een schip naar de Oost. Met een prachtig getuigsschrift van Haver Droeze kreeg hij dispensatie om al op achttienjarige leeftijd het examen voor scheepsheelmeeester af te leggen, iets wat normaal gesproken pas op 21-jarige leeftijd mogelijk was. Hij slaagde op 7 oktober 1835 en vertrok in de daaropvolgende jaren tot tweemaal toe naar Indië.¹⁸ Bij zijn terugkeer deed hij examen als plattelandsheelmeeester en vestigde hij zich als zodanig in Sommelsdijk op Overflakkee.¹⁹ Na ook zijn bevoegdheid als stedelijk heelmeeester en verloskundige gehaald te hebben, trouwde hij op 23 maart 1848 met de drie jaar jongere Alida Jacoba Kolff, dochter van een wijnhandelaar uit Middelharnis. Spoedig trok het jonge paar naar de grote stad Rotterdam, waar Jacobus in de Westewagenstraat 708



De ouders van Van 't Hoff, Jacobus Henricus van 't Hoff (1817-1902) en Alida Jacoba Kolff (1820-1909).

een heilkundige en verloskundige praktijk opende.²⁰ Omdat hij vond dat hij nog wel wat scholing kon gebruiken, liet hij zich in die tijd ook als student inschrijven aan de Universiteit van Leiden en volgde enige colleges, zonder overigens de opleiding met een promotie af te maken. Na de geboorte van dochter Maria Margaretha, op 22 september 1849, verhuisde het gezin naar de Noordblaak, waar op 3 februari 1851 eerst zoon Cornelis werd geboren en op 30 augustus 1852 opnieuw een zoon het levenslicht zag. Hij werd genoemd naar zijn vader: Jacobus Henricus van 't Hoff. In een advertentie in de *Nieuwe Rotterdamse Courant* werd hiervan melding gemaakt: 'Bevallen van een' zoon. A.J. van 't Hoff-Kolff. *Rotterdam*, 30 augustus 1852.'²¹ Zijn roepnaam werd Henry, een naam die overigens door zijn moeder consequent met een i werd gespeld.

Rotterdamse jeugdjaren

Henry's geboortestad, Rotterdam, bruiste van activiteit en maakte in die jaren een stormachtige ontwikkeling door. In het midden van de negentiende eeuw telde de stad zo'n honderdduizend inwoners, maar binnen vijftig jaar zou dit aantal meer dan verviervoudigen. De Rotterdamse haven had altijd al geprofiteerd van zijn gunstige ligging als overslagpunt voor goederen van en naar Engeland, Frankrijk en het Duitse achterland, maar die positie was onder druk komen te staan doordat het voor grote zeeschepen steeds lastiger werd om de haven te bereiken. Het in 1829 gegraven kanaal door Voorne was daar niet op berekend en er ontstonden capaciteitsproblemen. Daarom werd door de regering, op instigatie van minister Thorbecke onder wie Waterstaat ressor-

teerde, bij wet besloten ‘den waterweg van Rotterdam naar zee te verbeteren.’²² Thorbecke was sowieso erg belangrijk voor het verbeteren van de infrastructuur in Nederland. Zoals we later zullen zien zette hij ook in Amsterdam grote projecten op, zoals het Centraal Station en het Noordzeekanaal.²³ In Rotterdam wist men ook toen al van aanpakken, en werd onder leiding van de jonge waterbouwkundig ingenieur Pieter Caland in 1863 begonnen met de aanleg van de Nieuwe Waterweg, die negen jaar later gereedkwam. Daarnaast kwamen er nieuwe havens op het eiland Feyenoord en werden nieuwe woonwijken gebouwd. Ook de spoorwegen kwamen naar Rotterdam, met een eerste lijn via Den Haag vanuit Amsterdam. Mede door de economische groei kende de stad een rijk cultureel leven, met niet minder dan drie concertzalen en het belangrijkste operagezelschap in Nederland, de Hoog-Duitsche Opera, dat onder andere de opera's van Wagner een Nederlandse première bezorgde. Maar de snelle groei kende ook schaduwzijden. Zo beschikten lang niet alle wijken over schoon drinkwater en een goede riolering, hetgeen leidde tot een grote cholera-epidemie die in 1866 meer dan 1200 inwoners het leven kostte.²⁴

In het betrekkelijk welgestelde deel van de binnenstad bleef het gezin Van 't Hoff hiervan gevrijwaard. Terwijl vader werkte aan het verder uitbouwen van zijn praktijk, heerste er in huis ‘een degelijkheid, die zelfs in dien tijd, waarin men nog zooveel minder eischen stelde dan tegenwoordig, door velen als te



Het laantje van Middelharnis van Meindert Hobbema uit 1689, tegenwoordig in de National Gallery in Londen.

ver doorgedreven soberheid werd aangezien.²⁵ Verdriet bleef het jonge gezin niet bespaard. Zoon Cornelis overleed in november 1853, en dochter Maria in mei 1857, waarmee Henry opeens de oudste was geworden. De laatste verjaardag van Maria was zijn vroegste herinnering ‘in den grooten tuin in Middelharnis, 22 September, liggende op ziekbed in de warande van den koepel’.²⁶ Die tuin behoorde toe aan de familie van zijn moeder, Kolff, en zou volgens Cohen op het beroemde schilderij van Meindert Hobbema, *Het laantje van Middelharnis* uit 1689 zijn afgebeeld.²⁷ Dat is op zijn minst twijfelachtig. Zeker is wel dat het schilderij, dat tegenwoordig in de National Gallery in Londen hangt, ooit in het bezit is geweest van de familie Kolff. Het *Laantje* (nu de Steneweg) werd in 1782 op een veiling voor 25 gulden en 10 stuivers gekocht door Lambertus Kolff (1749-1823), in die tijd schout van Middelharnis, waar hij het in de schepenkamer van het raadhuis liet ophangen. Helaas werd het in 1822 door het gemeentebestuur – waar Kolff op dat moment zelf nog steeds deel van uitmaakte – geruimd voor twee andere schilderijen, waaronder een kopie van de Hobbema (!) van de hand van de in Middelharnis geboren schilder Adrianus van der Koogh.²⁸

In het voorjaar van 1857 bracht Henry enige tijd in Middelharnis door. Dat had ongetwijfeld te maken met de ziekte van zijn zus Maria, maar daarnaast was het gezin uitgebreid met de geboorte van broer Jacob.²⁹ In Middelharnis bewoonde grootmoeder Kolff een statig huis aan de Voorstraat 36, van waaruit ook de wijnhandel van de familie gedreven werd. Om de hoek had ze in 1846 een bewaarschool opgericht, die Henry bezocht.³⁰ Die kwam goed van pas, want hij moet een lastig kereltje zijn geweest: ‘Het is een flink kind, maar hij moet weten, waar ’t toe staat; hier sluit ik hem, bij verzet, op ’t kantoor [van de wijnhandel, RvdB], dat maar 2 maal nodig was; nu kijkt hij mij naar de oogen; hij moet ontzag hebben.’³¹ Het eerste levensteken dat we van hem hebben is een briefje aan diezelfde grootmoeder, dat naar eigen zeggen dateerde van kerst 1858, hij was toen zes jaar oud:

Liev oomoe ik bedank U voor de lekker kerskoek en dat ik hoop dat ik zelf eens zal koomen bedanken als het weer zomer is. Ik find het heel prettig om school te gaan. Toen Moe jarig was mogt ik den heellen dag te huis blijven. Jakop en ik hebben haar een kopje gegeven dat zij heel mooi vond. Op dien zelfden dag kreegen wij een grooten tooren van ulevelendeeg nu lieven oomoe eindig ik en ben lieven oomoe
Hanri van thof

Zijn jeugdjaren bracht hij veel buiten door en ook tijdens vakanties maakte het gezin, dat in de loop der jaren zou worden uitgebreid met nóg twee zonen, Johan en Bert, en een dochter, Hendrika,³² onder leiding van moeder lange wandelingen in de bossen rond Zeist en Driebergen,³³ of meer naar het oosten

middelbaar onderwijs. Het was een kleine school, met – in 1865 – slechts 26 leerlingen, voor wie behalve de oprichter en directeur, F.C. Delfos, niet minder dan acht leraren klaarstonden. Het was dan ook zeker geen goedkope opleiding, ouders betaalden zo'n 30 gulden per drie maanden. Maar Delfos was wel een school

met veel licht en veel lucht, met uitgebreid terrein daarnaast voor sport en voor gymnastiekoefeningen in de vrije natuur, met leeraren die aan die sport deelnamen, met docenten voor de nieuwe talen, die werkelijk hun moedertaal kwamen onderwijzen en overplanten, met teekenlessen, zanglessen, [...] hoe heerlijke herinneringen hebben allen die daar [...] een deel van hunne opleiding mochten doorbrengen, aan hen behouden!⁴²

Het zal dus niet verwonderen dat de inspectie concludeerde: 'Er wordt goed onderwijs gegeven, en de in 1863 en 1864 nieuw gebouwde lokalen zijn uitmuntend ingerigt.'⁴³ Directeur Delfos verkreeg bovendien enige bekendheid in Nederland met zijn methode voor het onderwijzen van vreemde talen. Hij hechtte niet veel waarde aan het onderwijzen van de grammaticaregels en vond dat je een taal eerst moest leren *spreken*, schrijven kwam later wel.⁴⁴ Het is in dit verband interessant op te merken dat Van 't Hoff zich later weliswaar meer dan uitstekend kon redden in het Frans, Engels en Duits, maar wel moeite had met de Duitse naamvallen en spelling.⁴⁵

Toch blonk hij in die vroege jaren al uit. Met zijn klasgenoot Samuel Muller, die later wethouder van Rotterdam zou worden, streed hij telkens om de prijs voor de beste leerling, waarbij Muller het meestal tegen hem aflegde, hoewel hij 'in ijver en geregelde werklust bij [Muller] achterstond'.⁴⁶ Ook was er aandacht voor culturele ontwikkeling, bij de Maatschappij tot Bevordering der Toonkunst. Van 't Hoff volgde er tussen 1862 en 1864 zang- en pianolessen en behaalde daar stevast 'den eersten eereprijs'.⁴⁷ De grote vraag was welke opleiding hij ná Delfos zou gaan volgen. Gezien de familiegeschiedenis lag een carrière in het openbaar bestuur voor de hand, maar leraren van Delfos getuigden van zijn buitengewone begaafdheid voor wiskunde en belangstelling voor natuurwetenschappen.⁴⁸ Voor zijn verdere ontwikkeling op die gebieden bood de opening van een Hoogere Burgerschool in Rotterdam een aanlokkelijk perspectief.

De Rotterdamse hbs

Met Thorbeckes Wet op het Middelbaar Onderwijs, die op 2 mei 1863 van kracht werd, was de oprichting van de hbs een feit geworden. Deze was bedoeld om kinderen uit de middenklasse aan een nuttig beroep te helpen in de handel of nijverheid. Daar had je geen universitaire studie voor nodig en hoefde je dus ook niet voor naar het gymnasium, dat samen met de univer-

siteit het hoger onderwijs uitmaakte. Binnen korte tijd kregen tal van plaatsen in Nederland een vestiging, want Thorbecke wist zijn geesteskind goed te verkopen: in 1865 waren er al zestien in heel Nederland met in totaal bijna 1200 leerlingen, terwijl vijf jaar later beide aantallen waren verdubbeld.⁴⁹ Bij de eerste lichting hoorde ook Rotterdam. Het gemeentebestuur had op 19 juli 1863 een brief van de minister ontvangen met de vraag of men er prijs op stelde een gemeentelijke hbs te stichten. Veel keus had men niet: 'Wordt op de groote vrijheid waartoe eene gemeentelijke inrigting gelegenheid biedt, geen prijs gesteld, dan zal in overweging worden genomen in hoeverre er termen bestaan tot oprigting eener Rijks hoogere burgerschool.' Er ontspoon zich een flinke discussie in de gemeenteraad over de huisvesting, de financiering en het bestuur. Zo werd aanvankelijk voorgesteld om de hbs in te laten trekken bij het Erasmiaans Gymnasium, maar dat zou volgens sommige raadsleden maar leiden tot 'allerhande distractiën en vechtpartijen tusschen de leerlingen van beide inrichtingen'.⁵⁰ Net voor het begin van het nieuwe schooljaar 1865-1866 werd besloten een leegstaand lokaal aan de Oppert te huren en daar voorlopig met de lessen te beginnen.

Inmiddels was ook het lesprogramma voorgelegd aan de minister, wiens toestemming noodzakelijk was voor het vrijgeven van de jaarlijkse rijkssubsidie van 7000 gulden.⁵¹ Thorbecke had nog wel wat aan te merken. Hij begreep bijvoorbeeld niet 'waarom alles wat tot het gebied der natuurkundige wetenschappen behoort [...] uit de twee laagste klassen verwijderd gehouden wordt'.⁵² Ook het geringe aantal uren gewijd aan 'de beginselen der handelswetenschappen' achtte hij voor een stad als Rotterdam veel te laag. Natuurlijk werd een en ander aangepast, maar desondanks bleef het totaal aantal uren gewijd aan de wis- en natuurkundige vakken het laagst van bijna alle hbs'en in Nederland.⁵³ Het volgende probleem was het aantrekken van bevoegde leraren, omdat er immers opeens in tal van steden hbs'en waren gekomen, die allemaal leraren zochten. Maar ook dat lukte, deels door sommige leraren te delen met het plaatselijk Erasmiaans Gymnasium en deels door uiterst aantrekkelijke salarissen te bieden. Een vaste regeling ontbrak en vraag en aanbod waren bepalend. Als directeur werd de heer J.P.A. François aangesteld tegen een jaarweddde van 4000 gulden en vrije woning. Hij had zijn sporen verdiend in het onderwijs als leraar wis- en natuurkunde aan het gymnasium en stond bekend als een uitstekend pedagoog. De overige leraren kregen salarissen tussen de 2000 en 3000 gulden per jaar – zo'n 25 procent hoger dan op andere scholen –, als ze tenminste gepromoveerd waren, over de juiste akten beschikten of elders veel ervaring hadden opgedaan.⁵⁴ De salarissen van de leraren staatshuishoudkunde en boekhouden bleven hier met niet meer dan 800 en 200 gulden per jaar sterk bij achter.⁵⁵ Dat kwam omdat in weerwil van Thorbeckes vermaning, aan deze vakken slechts een zeer beperkt aantal uren werd besteed, en dan ook nog alleen in de hoogste klassen.⁵⁶

Nadat aldus alles was geregeld, kon op 1 november 1865 de 'Eerste Rotterdamsche hbs met vijfjarigen cursus' feestelijk worden geopend in de zaal van de Maatschappij tot Nut van 't Algemeen aan de Oppert. Dezelfde dag nog werden de toelatingsexamens afgenomen en op 2 november begon voor 75 leerlingen en dertien leraren het schooljaar.⁵⁷ Het jaarlijks lesgeld bedroeg een bescheiden 60 gulden. Dat de school nog wat aanpassingsproblemen had of misschien wel niet streng genoeg geselecteerd had, zou je kunnen opmaken uit het feit dat van de dertig eersteklassers die in 1865 hun hbs-opleiding begonnen, er maar twee de vierde klas haalden, en slechts eentje succesvol eindexamen deed. Dat was Ferrand Mees, de jongste broer van Jenny, de latere echtgenote van Van 't Hoff.⁵⁸ Een dergelijk verval bleef ook in de jaren daarna een probleem, ondanks een strengere selectie aan de hand van een toelatingsexamen. Van 't Hoff deed dat in september 1867, vlak voordat het nieuwe schoolgebouw aan de Kortenaerstraat werd betrokken, dat de gemeente in de tussentijd had laten bouwen.⁵⁹ Hij slaagde met glans voor het toelatingsexamen voor de eerste, tweede en derde klasse, maar kreeg een herexamen voor Frans voor dat van de vierde klasse. Hij werd dan ook slechts 'voorlopig' toegelaten tot de vierde klasse, hetgeen met pen op het getuigschrift aangekend werd.⁶⁰ Omdat hij het hier niet mee eens was, tekende hij bezwaar aan bij directeur François. Maar die bleek onvermurwbaar en steunde zijn docent Frans, de heer Piaget. Hoewel het herexamen vervolgens geen probleem opleverde, liet dit incident toch zijn littekens achter. Toen zijn vader hem meer dan zes jaar later wees op een advertentie voor een leraar scheikunde aan zijn oude Rotterdamse hbs, concludeerde Van 't Hoff dat hij die baan onmogelijk zou kunnen krijgen, 'want hoe de heer François [ook] van mij houdt, de zaak Piaget toonde, dat hij zwak is'.⁶¹

In de twee jaar die hij op de hbs doorbracht, behoorde hij stevast tot de beste leerlingen, al werd hij voor de eerste plaats meer dan eens afgetroefd door een andere broer van Jenny, en dus zijn latere zwager, Govert Jacob Mees,⁶² die weliswaar twee jaar ouder was, maar eerst twee jaar op het gymnasium had gezeten. Zoals al op Delfos duidelijk was geworden, blonk Van 't Hoff vooral uit in wiskunde en de exacte vakken. Dat hij een speciale liefde opvatte voor de scheikunde, kan niet op het conto geschreven worden van zijn leraar in de vierde klas, Henri François Rudolf Hubrecht. Hij was op zijn twintigste al gepromoveerd in Heidelberg en was maar een paar jaar ouder dan veel van zijn leerlingen. Lesgeven bleek alleen niet zijn sterkste punt. Hij had de grootste moeite orde te houden en veel van zijn proeven mislukten, 'en dan bloosde hij, wat ons aanleiding gaf om te zeggen dat 't heelemaal niet erg was, en dat we het tóch wel geloofden; dan bloosde hij nog erger'.⁶³ Een bijkomend probleem was dat de lessen scheikunde niet in het hoofdgebouw aan de Kortenaerstraat werden gegeven, maar in een bijgebouw aan de Galerij waar een klein laboratorium was ingericht. De leerlingen moesten dus voor de lessen schei-

kunde tussen de twee gebouwen heen en weer lopen, en dat duurde wel eens wat langer dan strikt noodzakelijk was. Toen Hubrecht zich eens hierover beklaagde, bestelden de jongens een aantal wagens van de net opgerichte Nederlandsche Maatschappij tot Algemeene Dienstverrigting, die tegen een vast tarief goederen en boodschappen bezorgde, en lieten zich daarmee, tot grote hilariteit van klasgenoten en leraren, ‘bezorgen’ op de Galerij. Het behoeft geen vermelding dat dit nog veel langer duurde dan de wandeling.⁶⁴



Leerlingen van de vijfde klas van de hbs in Rotterdam. Henry zit aan tafel, tweede van links.

Hubrecht verliet de school aan het begin van Van 't Hoff's examenjaar om directeur te worden van de Openbare Handelsschool in Amsterdam.⁶⁵ Hij werd opgevolgd door Sebastiaan Hoogewerff, die op zijn beurt de school in 1885 zou verlaten om hoogleraar te worden aan de Polytechnische School in Delft. Van hem leerde Van 't Hoff over de verschillende theorieën op het gebied van de organische chemie, stof die voor de meeste van zijn klasgenoten te hoog gegrepen was. Volgens Cohen had Van 't Hoff in een opstel voor Hoogewerff over de vraag ‘Tot hoever kan chemische synthese zich uitstrekken?’ het ‘alleszins geniale antwoord [gegeven]: “Tot aan de cel.”’⁶⁶ Ook op praktisch gebied werkte Van 't Hoff aan zijn ontwikkeling. Samen met de latere burgemeester van Rotterdam, Frederik Bernard s'Jacob, de eerdergenoemde Govert Mees en een neef van de scheikundeleraar, Ambrosius Hubrecht, die we later nog als hoogleraar zoölogie in Utrecht zullen tegenkomen, drong hij op zondag-

morgen binnen in het scheikundelokaal om daar eigen proeven uit te voeren. Nadat ze waren betrapt door de custos was het afgelopen met dit soort gevaarlijke fratsen, waarmee ze het gebouw aan brandgevaar en zichzelf aan vergiftiging door blauwzuurdampen blootstelden.⁶⁷

Geen nood, die proeven deden ze in het vervolg gewoon aan huis. Om de daarvoor benodigde chemicaliën en het glaswerk te bekostigen, gaven ze soms demonstraties van scheikundige proeven voor een geïnteresseerd publiek van familie en vrienden, waarvoor een klein entreegeld werd geheven. Ook woonden ze samen lezingen bij en bestudeerden ze populairwetenschappelijke artikelen uit tijdschriften om ook daar vervolgens zelf weer voordrachten over te geven. Toen in 1866 de Atlantische telegraafkabel was gelegd en de directeur van de Nieuwe Gasfabriek in Rotterdam daar een voordracht met proeven over had gehouden,⁶⁸ was dit voor Van 't Hoff een gereede aanleiding om weldra, met behulp van zijn makkers voor de familie en genoodigden een soort herhaling van deze lezing te geven, die werd toegelicht met zelf vervaardigde kabels, met eigen Morsetoestelletjes enz.⁶⁹ Aldus werd misschien wel de basis gelegd voor een latere natuurwetenschappelijke opleiding, of werd in elk geval de belangstelling voor de natuurwetenschappen extra aangewakkerd.

Sowieso bood de hbs in de praktijk een goede voorbereiding op exacte universitaire studies, veel beter dan het gymnasium dat deed. Vergeleken met het gymnasium namen vakken als wiskunde, natuurkunde en scheikunde een prominente plaats in op het lesrooster en zeker later kregen de scholen practicumlokalen die beter waren uitgerust dan menig laboratorium op de universiteit. Van 't Hoff en Hubrecht zijn maar twee voorbeelden van hbs-leerlingen die het tot hoogleraar zouden schoppen. Zes van de zeven Nederlandse Nobelprijswinnaars van voor de Tweede Wereldoorlog hadden een hbs-opleiding achter de rug, terwijl de enige uitzondering, Johannes Diderik van der Waals, als hbs-leraar had gewerkt in Deventer en Den Haag. De komst van de hbs leverde een nieuwe generatie af met een solide basiskennis op het gebied van de exacte wetenschappen en had daarmee ook grote invloed op het aantal studenten in de natuurwetenschappen. In een land waarin men zich vooral bekommerde om handel en landbouw, en de chemische industrie nog in de kinderschoenen stond, werd je óf leraar op een gymnasium, of vertrok je als landbouwchemicus of mijnbouwkundige naar de Oost. De hbs bracht daar verandering in, alleen al omdat de behoefte aan natuurwetenschappelijk opgeleide leraren snel toenam.⁷⁰

Een technoloog uit Delft

Het eindexamen werd over enkele dagen verspreid afgenomen tussen 19 juli en 7 augustus 1869, alle schriftelijke examens op school in Rotterdam en de mondelinge op 7 augustus in Leiden. In de provincie Zuid-Holland waren 35

kandidaten, van wie er acht het niet haalden. Van 't Hoff eindigde als beste van zijn jaar, met name door een 'uitmuntend' oordeel voor wis- en werktuigkunde, en een 'zeer goed' voor natuurkundige wetenschappen. Alleen taal- en letterkunde en tekenen waren 'voldoende'.⁷¹ Vlak na het examen vertrok hij naar Oosterbeek voor de traditionele wandelvakantie met het hele gezin. Opvallend is dat hij op dat moment nog dacht aan een loopbaan in de entomologie. Maar in een gesprek met een familielid van de Nederlandse entomoloog Samuel Snellen van Vollenhoven,⁷² werd het hem duidelijk dat deze 'slechts' 1800 gulden per jaar verdiende. Daarom besloot hij zich te richten op een meer 'praktische betrekking [...] en alsdan mijn vrije tijd aan entomologie [te] besteden'.⁷³ Hij ging zich inschrijven op de Polytechnische School in Delft. Een kamer had hij al geregeld, in het huis van C. Pijpers, op de Cameretten nummer 1.⁷⁴

De Polytechnische School waar hij zijn studie voortzette, was voortgekomen uit de door koning Willem II opgerichte, en door diens zoon geadopteerde Koninklijke Akademie, waar 'burgerlijke ingenieurs' naast een gedegen vakopleiding ook onderwijs kregen in geschiedenis en letterkunde. Er werden voornamelijk civiele ingenieurs opgeleid, die voor het overgrote deel bij de waterstaat en de spoorwegen terechtkwamen.⁷⁵ Maar net als bij de hbs zorgde de Wet op het Middelbaar Onderwijs voor veranderingen. Thorbecke wilde dat het onderwijs veel sterker gericht zou worden op het maatschappelijk nut ervan, op het uitoefenen van een vak. Daarom besloot hij de Koninklijke Akademie per 1 juli 1864 op te heffen en te vervangen door een Polytechnische School. Maar bij de opening in september 1864 wees de nieuwe directeur Lewis Cohen Stuart erop dat er nu, na de overgang, zowel ruimte was 'voor hem, die alleen uit zucht naar wetenschap het onbekende navorscht, en hem, die practisch nut zoekt. Beide behoeven ernstige ingespannen voorbereiding, de een van geleerde vorming, de ander van polytechnische studie'.⁷⁶ De meeste (hoog)leraren gingen mee, al werd Eduard Mulder, die tot dan toe scheikunde had gegeven, vervangen door iemand van buiten, Antoine Corneille Oudemans jr. Eduard Mulder werd datzelfde jaar nog benoemd tot hoogleeraar in Utrecht, waar hij later Van 't Hoffs promotor zou worden.⁷⁷

In het nieuwe curriculum was geen plaats meer voor onderwijs in de land- en volkenkunde of in de moderne talen, er werden alleen technische disciplines onderwezen. Er kwam ook een veel grotere mate van specialisatie: de algemene vorming diende op de hbs voltooid te zijn.⁷⁸ Daarom gaf het diploma van een vijfjarige hbs ook automatisch toegang, al duurde het even voordat de eerste leerlingen dat hadden behaald. Aanstaaende ingenieurs kregen een vierjarige opleiding, met een 'tussenexamen' na twee jaar en een eindexamen. Voor technologen, die 'eene grootere mate van wetenschappelijke en technische kennis verlangen dan op eene openbare hoogere burgerschool met vollen cursus kan worden verkregen'⁷⁹ volgde al na drie jaar het

eindexamen. Het was deze opleiding waar Van 't Hoff voor had gekozen, en met hem veel anderen – de verwachting was namelijk dat technologen ‘in de Nederlandsche nijverheid gemakkelijk hun weg zouden vinden.’⁸⁰ Maar na een aantal jaren liep de belangstelling voor de opleiding terug vanwege onduidelijkheid over wat een ‘technoloog’ nu eigenlijk was en wat deze de industrie te bieden had. Pas toen de studie zich langzaam ontwikkelde tot een opleiding voor scheikundig ingenieur en ook een vierjarig curriculum kreeg – rond 1890 – nam het aantal studenten weer toe.⁸¹

Toen Van 't Hoff het ouderlijk huis verliet om in Delft te gaan wonen, had zijn moeder hem op het hart gedrukt zich te wijden aan:

goede, degelijke studie, geene aankweeking van laffe gesprekken of onbeduidend kletsen over mooie kopjes, of wat dies meer zij; geen gebruik van verhittende bieren of andere dranken, die daartoe leiden.⁸²

Dat advies nam hij ter harte. Hoewel hij lid werd van het Corps, zag men hem zelden op Phoenix, de Delftsche Studenten Sociëteit.⁸³ Net als een aantal van zijn klasgenoten uit Rotterdam werd hij lid van het dispuut Berzelius, maar ook hier was hij niet echt actief. Slechts één keer nodigde hij zijn dispuutsgenoten uit voor een symposium, ‘met chocolade en krentebroodjes’, maar ondanks herhaalde verwijten volhardde hij in zijn teruggetrokken leefwijze. Zijn moeder had ervoor gezorgd dat hij voor 50 gulden per jaar de beschikking kreeg over een gehuurde piano,⁸⁴ maar dat heeft niet geleid tot een actieve beoefening van de muziek in later jaren. Naast zijn studie bekwaamde hij zich wel in de houtbewerking, waarvoor hij 's ochtends om zeven uur vaak te vinden was achter de schaaftank in de plaatselijke werkplaats van Reuvekamp.⁸⁵

Na zijn eerste studiejaar in Delft maakte hij in de zomer eerst met zijn vader een reis door de Harz,⁸⁶ waarna hij vertrok naar Brabant om daar in de suikerfabriek van een familielid van zijn moeder⁸⁷ de bietencampagne en de verwerking van de oogst bij te wonen en ervaring op te doen met de analyse van suikermoesters. Sybrand Heerma van Voss was dat jaar eigenaar geworden van een suikerfabriek te Leur. Hij was een technisch vooruitstrevend man, paste de nieuwste persmethodes toe, ontwikkelde een eigen procedé voor de zuivering van het sap en legde in de fabriek elektrisch licht en telefoons aan.⁸⁸ Daarom ook zag hij er wel iets in om een technoloog-in-de-dop toegang te geven tot zijn fabriek:

Van 't Hoff kon bij mij niets leren, maar ik daarentegen zeer veel van hem en hij rustte niet, voor ik in de fabriek een laboratorium had ingericht; maar daar had je de poppen aan 't dansen! In de eerstvolgende vergadering [...] werd ik voorgesteld als de Alchimist, die voortaan alle

moeilijkheden in zijn laboratorium zou oplossen en wel een paar procent suiker meer zou maken dan de anderen.⁸⁹

Het is niet bekend wat Van 't Hoff in die tijd precies gedaan heeft, maar feit is wel dat Heerma van Voss in de jaren daarna dusdanig betere bedrijfsresultaten behaalde, dat zijn collega's hun ideeën over het belang van de toepassing van wetenschappelijke kennis en analysemethoden in het bedrijf moesten aanpassen. Nederland liep op dit gebied overigens nogal achter bij landen als Duitsland en Frankrijk, waar de ideeën over de chemische controle van het fabricageproces in de suikerfabriek al zeker tien jaar eerder ingang hadden gevonden.⁹⁰ Van 't Hoff en Heerma van Voss zouden zeker nog tot het eind van de jaren tachtig contact houden. In zijn latere laboratorium in Amsterdam zocht Van 't Hoff af en toe iets voor hem uit en toen er vanuit Brabant belangstelling bleek te zijn voor de aanstelling van een universitair geschoold chemicus, deed Van 't Hoff een goed woordje voor zijn eerste promovendus, Leonhardt Schwab.⁹¹ Die zou overigens niet op de suikerfabriek gaan werken, maar vertrok naar Duitsland, waar hij als chemicus aangesteld werd bij de Deutsche Solvay-Werke in Bernburg, waar soda werd geproduceerd.⁹²



Uitzicht op de Cameretten in Delft. Henry huurde kamers in het huis aan de rechterkant op de tweede verdieping, rechts. Foto G.B.H. Niestadt.

In Delft vielen de colleges scheikunde van Oudemans over algemene, anorganische en organische chemie, bij Van 't Hoff zeer in de smaak. Dat was minder het geval met de practica. Oudemans besteedde in het goed uitgeruste

laboratorium in Delft meer tijd aan eigen onderzoek en liet de begeleiding van de studenten over aan zijn collega, Louis Charles Levoir, die verantwoordelijk was voor de technische chemie.⁹³ Toen deze Van 't Hoff eens de opdracht gaf een mandfles zwavelzuur van een bepaalde concentratie te maken, weigerde Van 't Hoff: hij vond dat je evenveel leerde van het bereiden van een liter zwavelzuur, en liet zich hierna een aantal weken niet op het laboratorium zien.⁹⁴ Experimenteren deed hij sowieso veel thuis, op zijn kamer, meestal samen met Martinus Willem Beijerinck, een medestudent die ook op de Cameretten woonde. Hij was meer dan een jaar ouder dan Van 't Hoff, maar had ook in 1869 eindexamen hbs gedaan. Nadat ze een keer dode mollen in soda hadden gekookt, en de botten vervolgens met zoutzuur hadden behandeld, om zo lijm te maken, was de stank zo erg geweest, dat de verhuurder ze bijna uit hun kamers had gezet.⁹⁵

Nieuwe inspiratiebronnen: Comte en Byron

Het was ook in Delft dat Van 't Hoff een aantal schrijvers ontdekte die hem zijn leven lang zouden vergezellen en die zijn latere wetenschappelijke leven een beslissende richting zouden geven. Eerst en vooral was dat de Franse filosoof Auguste Comte: 'Van de wijsgeeren had alleen Comte hem wat gegeven; de andere filosofen waren hem te moeilijk,' zei hij ooit tegen zijn student en latere assistent Van Deventer.⁹⁶ Comte kan als grondlegger van het *positivisme* worden gezien. Hij deed dat in een serie van zes delen van zijn *Cours de philosophie positive*, die tussen 1830 en 1848 verschenen.⁹⁷ De tegenwoordige betekenis van de term positivisme, een vorm van *empirisme* die zich uitsluitend baseert op de zintuigelijke waarneming, is een andere dan die Comte er oorspronkelijk aan gaf. In zijn *Cours* beschouwde Comte de evolutie van het menselijk denken, de ontwikkeling van een wereldbeeld of van een tak van wetenschap, als opgebouwd uit drie opeenvolgende fasen: allereerst een waarin het geloof de boventoon voert en verklaringen biedt (*l'état théologique ou fictif*), dan een waarin de metafysica de hoofdrol speelt (*l'état métaphysique ou abstrait*), en ten slotte het wetenschappelijk wereldbeeld (*l'état scientifique ou positif*), dat realistisch is, afgerond en zich op niets dan feiten baseert.⁹⁸

Op basis van deze drie ontwikkelingsfasen maakte hij vervolgens een systematische en hiërarchische classificatie van de wetenschappen en behandelde elk van deze in afzonderlijke delen van zijn *Cours*. Deze classificatie maakte Comte, naast William Whewell, tot de eerste moderne wetenschapsfilosoof.⁹⁹ Bovenaan stond de wiskunde, gevolgd door de astronomie, de fysica, de chemie, de biologie en de sociale wetenschappen. Hij baseerde deze rangschikking op een afnemende invloed van de theorie, een afnemende complexiteit van de gebruikte theoretische instrumenten en modellen, en tegelijk een toenemende complexiteit van de beschreven verschijnselen. De classificatie geeft hiermee ook de historische volgorde aan waarin volgens hem de

verschillende wetenschappen tot ontwikkeling kwamen: de astronomie heeft de wiskunde nodig, de scheikunde de fysica enz. Elke wetenschap rust zo als het ware op de wetenschap die eraan voorafging.¹⁰⁰ Met Comte kwam Van 't Hoff daarom tot de conclusie dat de wiskunde als onderzoeksmethode binnen de scheikunde een veel belangrijker rol verdiende dan zij nu had.¹⁰¹ We zullen later zien dat Van 't Hoff uit de inzichten van Comte in met name het derde deel van diens *Cours* voor zichzelf een soort van arbeidsprogramma voor zijn scheikundig onderzoek destilleerde.¹⁰² Naast Comte wierp hij zich ook op William Whewells *History of the inductive sciences from the earliest to the present time*, een poging om de ontwikkeling van de wetenschap op een systematische manier te beschrijven.¹⁰³ Whewell bood hem niet alleen een goed overzicht van wat de exacte wetenschappen allemaal bereikt hadden, maar ook welke vragen er nog openstonden. Bovendien bracht het lezen van Whewells *History* hem ertoe de levens van grote wetenschappers te gaan bestuderen en hun biografieën te lezen. Ook dat zou hem later nog goed van pas komen.

Maar hoezeer hij ook dichters als Robert Burns en Heinrich Heine bewonderde – van wie hij later nog hele strofen uit het hoofd kon citeren –, de dichter die de meeste indruk maakte op de jonge Van 't Hoff was de Engelse romantische dichter Lord Byron. Byron was niet te overtreffen. Alleen van hem had hij op zijn kamer in Delft een portret hangen. Alleen het werk van Byron kon hij zo moeilijk weggleggen dat hij er zelfs tijdens de colleges in Leiden in zat te lezen, tot ongenoegen van de hoogleraar Rijke.¹⁰⁴ Die liefde voor literatuur was hem thuis met de paplepel ingegoten. Zijn ouders lazen veel en niet alleen in het Nederlands, maar evengoed in het Frans, Duits of Engels, en lazen bovendien veel aan elkaar en aan de kinderen voor. En wat Byron voor hem betekende, was Shakespeare voor zijn vader.¹⁰⁵ Diens verzameld werk was 'zijn bijbel' en hij kende er hele stukken van uit het hoofd, die hij lopend door de straten van Rotterdam 'in zichzelf gekeerd [...] en gesticulerend' hardop voordroeg.¹⁰⁶ Samen met zijn dochter Hendrika speelde hij 'tussen de schuifdeuren' hele stukken uit tragedies als *Romeo and Juliet* na.¹⁰⁷ En waar zoonlief Byron in zijn kamer had hangen, had vader van een dankbare patiënt een gravure van Eduard Ender cadeau gekregen, *Shakespeare à la cour d'Elisabeth* uit 1876, en deze een prominente plaats in de huiskamer gegeven.¹⁰⁸ We zullen in het volgende hoofdstuk nog zien hoezeer Byron voor Van 't Hoff een leidman zou blijven, soms tot een zeker misnoegen van zijn ouders.

Vader en zoon zouden in de jaren dat Van 't Hoff in Leiden, Bonn en Parijs zat herhaaldelijk de degens kruisen over de literaire kwaliteiten van hun beider helden. Voor Van 't Hoff vormde Byron in die dagen een noodzakelijk tegenwicht voor zijn wetenschappelijke activiteiten: 'was ik niet aangetrokken geworden door de bijna uitsluitend subjectieve Byron, zou ik weldra tot

een droog wetenschappelijk conglomeraat geslonken zijn.¹¹⁰⁹ Vader erkende Byrons 'dichterlijke talent', maar vond hem te persoonlijk, een man 'van den vrijen, lossen teugel van subjective ziels- en gemoedstoestanden. [...] Wegslepend alzo voor jonge menschen maar geen Standaard van den eersten rang! geen ster van de eerste grootte!'¹¹¹⁰ En natuurlijk geen partij voor 'mijn onvergelykelijken Shakspear [sic]'.¹¹¹¹ Maar hij zag ook wel in dat er sprake was van een generatiekloof, 'dat pas de rustiger geest den rustigen Herculischen arbeid van Shakspear genieten kan en bij voorkeur de rijke fantasie der jeugd zich aangenamer vind[t] in Byron'.¹¹¹² En zijn moeder schreef hem dat ze samen met vader *Childe Harold's Pilgrimage*¹¹¹³ ging herlezen 'om te trachten jeugd en frischheid te bewaren'.¹¹¹⁴ Zeker vader had een zwak voor de idolatrie van zijn zoon en steunde hem zelfs jaren later daarin, bijvoorbeeld door hem op vakantie in Engeland een kaart te sturen: 'Written in the very house, where Byron lived, when a boy. This will do for remembrance all right!'¹¹¹⁵, of door een blaadje te plukken 'van de bomen langs de brug, waarvan Byron in zijn Don Juan melding maakt'¹¹¹⁶ of door in Kopenhagen op zoek te gaan naar een kopie van een buste van Byron.¹¹¹⁷

Daarnaast hielden zijn ouders veel van beeldende kunst, een liefde die ze ook op Van 't Hoff probeerden over te dragen. In het volgende hoofdstuk zullen we zien hoe ze met Van 't Hoff en zijn jongere broer Jacob een reis van zes weken door Italië maakten en daar vele beroemde musea in steden als Florence, Rome, Napels en Venetië bezochten. Zij zouden dit samen, ook zonder de kinderen, tot op zeer hoge leeftijd blijven doen. In Parijs gingen ze samen op bezoek bij Rodin in diens atelier, 'een kunstenaar van het eerste water, die gebroken heeft met fotografisch weergeven van gestalten, maar ernaar streeft ziel en karakter weër te geven in overeenkomst met het origineel'.¹¹¹⁸ Prompt kregen ze een halfjaar later een persoonlijke uitnodiging om in Parijs de opening van een tentoonstelling van zijn werk te komen bezoeken.¹¹¹⁹ Rodin zou over vader Van 't Hoff gezegd hebben: 'Ik heb veel mensen bij me gezien, die meer van kunst, stijl etc. afwisten, maar nooit iemand, die zó onder den indruk was, de kunst zo intens beleefde'.¹¹²⁰ Van het vroege werk van Van Gogh, dat in 1892 in Rotterdam werd tentoongesteld 'vonden [wij] sommige hout-kool schetsen niet kwaad, maar moesten [...] die meer dan eens zien, [...] om ook het goede artistieke er in te zien'.¹¹²¹ Iets eerder dat jaar in Brugge 'genoot [Pa] geducht van de Memlings, waarbij hij op zijne knieën zat met meer eerbied dan een R[echtinnig] C[hristen] bij zijne Madonna of Christus-beeld 't doen kan!'¹¹²² In het voorjaar van 1897 maakten beiden, al ruim de 75 gepasseerd, nog een lange reis langs een aantal Italiaanse steden, Genua, Pisa, Florence, Venetië, waar ze zich te goed deden aan de Caravaggio's, de Rafaëls, en de Titiaans. 'Alleen van het plafondwerk der hertogelijke paleizen heb ik niet veel werk gemaakt, omdat het lang kijken met het hoofd in de nek voor ouden van dagen een ongepaste gymnastiek is.'¹¹²³

Van 't Hoffs adoratie van Byron ging verder dan het lezen en herlezen van diens werk. Hij probeerde zijn grote voorbeeld ook op allerlei manieren na te volgen. Zo begon hij aan het eind van zijn Delftse tijd zelf met het schrijven van gedichten, iets wat zijn vader ook deed, en waar ze samen uitgebreid over konden discussiëren.¹²⁴ Een aantal van Van 't Hoffs gedichten is bewaard gebleven.¹²⁵ Het zijn diep-romantische gedichten over mooie en mysterieuze meisjes en jonge vrouwen:

In de bosschen van een eiland
Leeft een stil en eenzaam kind,
Wilde haren, blonde lokken
Spelen wuivend op den wind.

Zachte oogen, nooit verdrietig,
En toch soms alsof beweend,
Turen lachend op de schoonheid
En de bloemen er omheen.

Als zij langs de struiken wandelt
Van een kleine rozenlaan
Volgen duizend blauwe vlinders
Fladderend haar achteraan.

Maar hij schreef ook gedichten over zwarte ridders die bij nacht en ontij door de bossen doolden en die je maar beter uit de weg kon gaan, of over gekwelde jongelieden aan wie het leven niets meer te bieden had:

Het lange lied is uitgezongen,
Dat lange lied van enkel tranen,
De klacht, die uit de ziel ontsprongen,
Zich slechts in verzen weg kon banen.

De dichter heeft geen tranen meer,
Verklonken zijn de slotakkoorden,
Het licht, de gloed, die even gloorde,
Keert tot een nacht van droefheid weer.

Wat is het eind van twintig trotse jaren?
Wat werd het ideaal, waar bleef de gloed?
De arme zanger miste zelfs den moed
Te zeggen wat wij zijn en wat wij waren.

En net als zijn grote voorbeeld dichtte hij ook in het Engels:

I went along the pathways green
To kiss the morning dew
One thing I met I can't forget
Two eyes so young and blue.

I thought and dreamt from day to sleep,
But ever came anew
the morning seems a dying green
The eyes so young and blue

I am to live alone on earth
With thee, alas – now adieu
Keep without tear those eyes my dear
They are so young and blue.

In de zomer na zijn examen aan de Polytechnische School durfde Van 't Hoff het zelfs aan zijn gedichten (via de Rotterdamse uitgever P.M. Bazendijk) voor te leggen aan een Nederlands literator. Diens oordeel: 'Aanleg onbetwistbaar, maar ruw ontwikkeld. Hoogstnoodig oefening door lectuur van echte dichters.'¹²⁶ Om daar het enigszins ontnuchterende advies van Horatius uit de *Ars Poetica* op te laten volgen: 'Houd het acht jaar in portefeuille.'¹²⁷ Wat hij zelf van dit oordeel vond is onbekend. Zijn moeder maande hem echter direct: 'Al zijt gij nog zoo knap in eigen oog, of in die van anderen, en al streelt het "aanleg onbetwistbaar" uwe eigenliefde in hooge mate, zonder zelf-kennis geen waarachtige wetenschap; ziedaar mijne overtuiging! [...] Wat tegenspraak: in wiskunde, en weet ik niet wat al vakken verder een Piet! en in zelf-kennis, en, als gevolg daarvan in menschen-kennis een kind!'¹²⁸

Tijdens zijn verblijf in Bonn zou Van 't Hoff een hond nemen als huisdier, in navolging van Byron. Die was ook dol op dieren en met name op zijn Newfoundlander Boatswain, met wie hij vijf jaar zijn leven deelde en die hij liet begraven op het familielandgoed onder een enorm grafmonument.¹²⁹ Toen Van 't Hoffs ouders hun reserves hierover lieten blijken, omdat ze voorzagen dat hij hierdoor meer geld nodig zou hebben, verdedigde hij zich aldus: 'Gij ziet waarschijnlijk in den hond een nabootsing van mijn' dichter; zooveel is zeker: "als Byron geen hond had gehad, ik zou er geen hebben, en, als Alcibiades er geen had, dan wij geen van beiden"; daartegenover staat echter, "als Byron een' ezel had lief gehad, zou ik er geen zoeken".'¹³⁰ Maar hij ging af en toe wel ver in het navolgen van zijn idool. Byron had tijdens de zwerftochten waarover hij in *Childe Harold's Pilgrimage* verhaalde, een bezoek gebracht aan Waterloo, de plek waar Napoleon op 18 juni 1815 was verslagen: 'And

Harold stands upon this place of skulls, // The grave of France, the deadly Waterloo!"¹³¹ Dus kon het bijna niet anders of hij pakte eind september 1870, weer terug uit Brabant, de kans om het slagveld van Sedan te bezoeken met beide handen aan. Daar had keizer Napoleon III van Frankrijk nauwelijks drie weken eerder, op 1-2 september, een verpletterende nederlaag geleden in de Frans-Duitse oorlog en was hij zelfs gevangengenomen. Een vriend van zijn ouders uit Rotterdam, dr. Walraven Francken, dominee van de Nederlands Hervormde Gemeente in Rotterdam, begeleidde een zending hulpgoederen van het Rode Kruis naar de Nederlandse *ambulance* (veldhospitaal) in La Chapelle, net over de grens tussen België en Frankrijk, en Van 't Hoff mocht mee. Tijdens deze reis heeft hij een dagboekje bijgehouden.¹³²

Na een treinreis die ongeveer een dag besloeg en waarbij ze wel zes keer moesten overstappen, kwamen ze in Luik aan, waar ze in het Hôtel des Postes de nacht doorbrachten. Met een omnibus trokken ze de volgende dag verder naar de grensplaats Bouillon, waar ze de eerste gewonden zagen. Vandaar was het niet ver meer naar La Chapelle, iets ten noordoosten van Sedan. De hulpgoederen werden hartelijk verwelkomd door Nederlandse zusters en Van 't Hoff en zijn metgezellen keken vervolgens rond in het dorpje. De meeste gewonden waren ondergebracht in de kerk waar een provisorisch hospitaal was ingericht. Als zoon van een arts beschrijft Van 't Hoff uitgebreid een aantal gewonden tot in gruwelijk detail: veel geamputeerde armen en benen, soldaten met geïnfecteerde wonden of bij wie een kogel een deel van het gezicht weggeslagen had. Naarmate ze dichterbij het daadwerkelijke slagveld kwamen, begon Van 't Hoff ook 'oorlogsrariteiten' te verzamelen of te ruilen tegen sigaren: een laadstok, kogels, een verfomfaaid petje en een granaathuls. Ten slotte bezochten ze ook nog de stad Sedan, die flink had geleden onder de gevechtshandelingen. Hij vreesde er zijn granaat nog kwijt te raken 'toen [...] een zestal Pruisen op ons toeschoten, en ik, denkende dat 't op mijn granaat gemunt was, was blijde toen ik hunne woorden vernam: "Die Herren werden wohl Cigarren haben.'" Hierna werd de terugtocht naar Rotterdam aanvaard. De granaathuls zou nog jarenlang dienstdoen als presse-papier en bevindt zich tegenwoordig in het Rijksmuseum Boerhaave in Leiden.¹³³

Terug in Delft pakte Van 't Hoff zijn studie weer op en die verliep zonder enig probleem, hij slaagde zelfs al na twee jaar, op 8 juli 1871, voor zijn technologie-examen, terwijl daar normaal gesproken toch drie jaar voor stond.¹³⁴ Dat hij het zo snel afmaakte kwam misschien wel omdat de studie hem niet erg was bevallen:

Ik ben in den grond ernstig, heel ernstig, veel te ernstig, en had mij van alles zoo veel voorgesteld toen ik naar Delft ging; [...] en toen viel alles zoo tegen wat ik van nabij zag, dat ik eindelijk meende dat alles belachelijk was bij 't geen ik er mij van dacht, en toen heb ik er mij niets meer van voorgesteld.¹³⁵

Zijn ervaring met het werk op de suikerfabriek in Leur en in het laboratorium met Levoir in Delft, hadden hem doen inzien dat een baan als technoloog hem niet lag. Te veel herhaling, te weinig verdieping, te veel toepassing ook. Hij had meer belangstelling voor de zuivere chemie, voor de theorie, en niet voor de scheikundige technologie en praktijk. En dat terwijl zijn ouders hem op het hart hadden gedrukt een keuze te maken: 'zorg dus dat gij niet afdwaalt van wat wij vaststelden, òf Delft, òf Leiden, òf Technoloog, òf Philosophie.'¹³⁶ Door het lezen van Comte was hij zich bewust geworden van het belang van de wiskunde voor de andere natuurwetenschappen en was hij er met name van overtuigd geraakt dat scheikundigen op een meer rationele, en vooral meer mathematische manier naar hun vakgebied moesten kijken.¹³⁷ Nu werd in Delft de wiskunde wel degelijk als een essentieel vak beschouwd, 'een algemeene grondslag van alle ingenieursstudiën.'¹³⁸ De wiskundige vakken vormden ook het grootste struikelblok voor studenten en werden bewust als selectie criterium gebruikt.¹³⁹ Het grote verschil met het wiskundeonderwijs aan de universiteiten was echter dat aan de Polytechnische School de wiskunde eerst en vooral een hulpwetenschap was, terwijl de wiskunde aan de universiteiten 'om haar zelve wille' werd beoefend.¹⁴⁰ Daarbij lag de nadruk in Delft op de meetkundige vakken, terwijl in Leiden, met name in de colleges van Bierens de Haan, de nadruk lag op de lagere en hogere algebra, en de differentiaal- en integraalrekening.¹⁴¹ En hoewel Van 't Hoff zich in Delft met name in de wiskundevakken had onderscheiden, vond hij zelf dat hij nog veel tekortkwam: 'Mijn wiskundige behoeften brachten mij naar de Universiteit van Leiden.'¹⁴² Naar die stad richtte hij dus zijn blik om daar te gaan werken aan een kandidaats in de wiskunde en de natuurwetenschappen.



Tekening die Van 't Hoff maakte tijdens zijn eerste reis door het Zwarte Woud in de zomer van 1871, de Wendelinus-kapel in Weisenbach en foto van de huidige situatie.

Hollands proza, Duitse poëzie

Ik heb dat [morose] ook zoo innig gevoeld; hoe leefde ik op, daarna, in Bonn, waardoor men weet het niet; in Leyden was alles proza, de omgeving, de stad, de mensen, in Bonn alles poëzie. – J.H. van 't Hoff¹

De sleutelstad

Het Leiden dat Van 't Hoff in 1871 betrad, had al bijna driehonderd jaar een universiteit. Het was een geschenk van Willem van Oranje als dank voor de dappere weerstand die de Leidenaren hadden geboden tijdens het beleg door de Spanjaarden – een beleg dat op 3 oktober 1574 was beëindigd met het Leids Ontzet. In de daaropvolgende jaren was de stad tot grote bloei gekomen, vooral dankzij de impuls die vluchtelingen uit de Zuidelijke Nederlanden gaven aan de textielnijverheid – het beroemde Leidse laken dateert uit die periode. De bevolking groeide explosief: vóór 1574 telde de stad zo'n 15.000 inwoners, in 1622 was dat aantal al verdrievoudigd, terwijl omstreeks 1670 zelfs de zeventigduizend moet zijn bereikt. Op Amsterdam na was Leiden in de Gouden Eeuw de grootste stad van Holland. Het huidige centrum, herkenbaar aan het singelpatroom, werd in 1659 voltooid, toen de bevolkingsgroei de aanleg van nieuwe grachten en singels noodzakelijk maakte. Maar na de bloei was in de loop van de achttiende eeuw een neergang gevolgd, met een dieptepunt in het begin van de negentiende eeuw, toen de Fransen waren binnengevallen en Lodewijk Napoleon namens zijn broer de scepter zwaai-de over Nederland.

Die periode werd voor Leiden gesymboliseerd door de ramp van 12 januari 1807, toen om kwart over vier 's middags een schip geladen met buskruit in het centrum van Leiden ontplofte. De klap zou tot in Friesland te horen zijn geweest. De gevolgen waren verschrikkelijk, meer dan 150 doden en een hele woonwijk veranderd in een rokende puinhoop. De Kleine Ruïne zou nog tientallen jaren onbebouwd blijven, omdat het stadsbestuur zich geconfronteerd zag met een enorme leegstand, maar in 1859 was dan toch op de puinhopen een laboratorium voor chemie, fysica, anatomie en fysiologie verzezen.² Leiden had toen het ergste wel achter de rug, het aantal werklozen liep terug en de economie trok weer aan. Door de uitvinding van de stoommachine ontwikkelde zich een moderne textielindustrie en er kwamen conservenfabrieken die voor veel thuisarbeid zorgden. Verder kwam er een grootschalig scholingsprogramma van de grond en bloeide onder de gegoede burgerij het culturele leven op met de oprichting van lees- en muziekgezelschappen en verenigingen. De bevolking groeide weer, kortom, er was sprake van een nieuw elan.³ Dat gold zeker ook voor de universiteit die steeds zichtbaarder was ge-

worden in de stad: het nieuwe laboratorium is al genoemd, er kwam ook een nieuwe bibliotheek, een nieuw academisch ziekenhuis en een nieuwe Sterrewacht.⁴

Ook het aantal studenten steeg in die jaren gestaag. In 1871 hadden zich voor het eerst meer dan achthonderd studenten ingeschreven, van wie bijna honderd in de faculteit der Wis- en Natuurkunde.⁵ Nu stond het Van 't Hoff niet zomaar vrij zich daarbij aan te sluiten. Iedereen mocht weliswaar colleges volgen – zij het tegen betaling van zo'n 40 gulden per cursus, een niet onaanzienlijk bedrag –, maar de examens stonden alleen open voor reguliere studenten. En volgens het Organiek Besluit van 1815, dat de organisatie van het hoger onderwijs in Nederland regelde, was daarvoor een diploma nodig van een gymnasium (of een Latijnsche School). Wie dat niet kon overleggen diende toelatingsexamen te doen. Voor een hbs-leerling volstond een examen in Grieks en Latijn. Hendrik Lorentz, die net een jaar eerder in Leiden was aangekomen, had een jaar de tijd genomen om zich daarop voor te bereiden.⁶ Maar iemand als Johannes Diderik van der Waals richtte een verzoek aan de minister van Binnenlandse Zaken om van dit toelatingsexamen te worden vrijgesteld. Ook van 't Hoff volgde deze route. Hij diende al een halfjaar voor zijn afsluitende examen in Delft een verzoek in en kreeg toestemming om 'bij het staan naar een akademischen graad in de wis- en natuurkunde, te worden vrijgesteld van het zoogenaamd admittentie-examen, en van de verplichting om het bewijs over te leggen de lessen over de Grieksche en Latijnsche letterkunde met vrucht te hebben bijgewoond'.⁷ Nadat hij die vrijstelling had gekregen, begon hij in oktober 1871, een jaar na Lorentz, met zijn studie.⁸ Ook het verzoek van zijn huisgenoot Beijerinck, die in Leiden biologie wilde gaan studeren, maar nog een jaar in Delft tegoe had, werd ingewilligd. Toen Van 't Hoff later de bloeiperiode op fysisch-chemisch gebied in Nederland zag als 'de vrucht [...] van onze, in vele opzichten zoo uitnemende, Hoogere Burgerschool opleiding', voegde hij daar direct aan toe: 'en zou die bloei niet worden verhoogd, door den weg van Burgerschool tot Universiteit gemakkelijker te maken?'⁹ Maar het zou tot 1917 duren alvorens studenten met een hbs-diploma zonder meer tot de universiteit werden toegelaten.

Voordat Van 't Hoff aan zijn studie begon, ondernam hij nog een reis door het Zwarte Woud. Het was zijn eerste tocht alleen, en hoewel hij al bijna negentien was gaf zijn vader hem in een aandoenlijke brief nog een paar laatste raadgevingen mee:

Zorg toch op Uwe wandelingen dat gij nooit verdwaald [sic] of te laat op de plaats Uwer bestemming komt zoodat ge in de duisternis ronddooft. Zie goed toe op gezelschap waarbij gij U aansluit en bedenk dat verdwaling, naar men mij zegt, in het oord waar gij heen gaat, zeer mogelijk is. Kies U altijd goede logementen en waar gij overigens de zuinigheid be-

tracht zie in dat opzicht niet op wat meerdere kosten voor nachtverblijf. Spreek met Moe af van waar gij schrijft en te beschrijven zijt en laat ook mij eens iets van U hooren. [...] Zorg er voor dat gij op Uwe reis op Uwe hoede zijt ten aanzien van politieke besprekingen die voor anderen kwetsend en voor U zelve lastig zouden kunnen zijn en denk aan de reisles van Polonius maar meer nog aan de beginselen waar van zij het surrogaat waren zoo dat wij ze ook bij Laertes geheel in 't water zien vallen.¹⁰

De 'reisles van Polonius' is een verwijzing naar Shakespeares Hamlet: 'Give every man thy ear but few thy voice.'¹¹ Het onderstreept weer eens dat niet alleen vader diens werk goed kende, maar er blijkbaar ook naar kon verwijzen, zonder dat hij er bang voor hoefde te zijn dat de betekenis van zijn woorden niet over zou komen.



Tekening die Van 't Hoff maakte tijdens zijn eerste reis door het Zwarte Woud in de zomer van 1871, de Tombe van Nellesteijn in Leersum en foto van de huidige situatie.



Over de reis zelf is niets bekend uit brieven of een dagboek, maar zoals tegenwoordig iedereen zijn vakantie vastlegt door foto's te maken, maakte Van 't Hoff van karakteristieke gebouwen of uitzichten een klein tekeningetje, dat hij soms dateerde en soms ook van enige verwijzingen voorzag.¹² Aan de hand van die 32 tekeningetjes is zijn voetreis met enig gepuzzel te volgen. Zijn tocht begon waarschijnlijk in Utrecht dat hij per trein vanuit Rotterdam had bereikt. Via Driebergen en Leersum – waar hij een tekeningetje maakte van de graf-tombe van Nellesteijn¹³ – wandelde hij naar Oosterbeek, waar hij een paar dagen bij zijn moeder, broers en zus doorbracht. Vervolgens nam hij in Arnhem de trein naar Bonn en wandelde hij naar het iets zuidelijker gelegen en tegenwoordig door Bonn opgeslokte Bad Godesberg. Vandaar zakte hij af naar het zuiden om begin augustus via het Murgtal het Zwarte Woud binnen te lopen. In de twee daaropvolgende weken doorkruiste hij dit berggebied, bezocht verschillende toeristische attracties zoals de watervallen van Allerheiligen, of schilderachtige ruïnes en burchten, in Neufürstenberg en Ortenberg. Omdat hij erg zuinig had gedaan met zijn geld kwam hij er zelfs nog toe Konstanz en Schaffhausen te bezoeken.¹⁴ Het is ongetwijfeld deze reis geweest die hem de ogen heeft geopend voor de schoonheid van dit deel van Duitsland. Hij zou er met zijn gezin in 1895 terugkeren in de turbulente periode voorafgaand aan zijn vertrek naar Berlijn (en deels ook dezelfde plekken bezoeken) en hij had het plan om na zijn pensioen langere perioden in het Zwarte Woud door te brengen, al is het daar nooit van gekomen.

Een Leids romanticus

Terug in Nederland en geïnspireerd door zijn reiservaringen stortte hij zich weer op het maken van gedichten, iets waarvoor zijn vader wel begrip kon opbrengen:

Gij schijnt U in den laatsten tijd minder met exacte studien dan wel met dichterlijke te hebben bezig gehouden, en ik kan mij het aantrekkelijke daarin voor U gelegen wel verklaren omdat ik weet dat ge er veel gevoel voor hebt en Uw leeftijd en toestand er dubbele aanleiding toe geeft.¹⁵

Onherroepelijk kwam echter het moment naderbij dat hij zich weer aan de studie moest gaan wijden. Hij schreef zich op 6 oktober 1871 in als student bij de faculteit der Wis- en Natuurkunde. Dat betekende volgens het nog altijd geldende Organiek Besluit¹⁶ dat hij zich voor zijn kandidaatsexamen diende te bekwamen in de wiskunde, de proefondervindelijke natuurkunde, de sterrenkunde, en de algemene beginselen der natuurlijke historie en kruidkunde.¹⁷ Het meeste onderricht geschiedde aan de hand van colleges. Die werden sinds het midden van de negentiende eeuw allemaal in het Nederlands gegeven. De meeste hoogleraren eisten dat de studenten alle colleges bijwoonden en

soms ook nog de responsiecolleges. Alleen de ‘kruidkunde’ werd in de praktijk geleerd, tijdens wekelijkse ‘botanische uitstapjes’ met de toenmalige hoogleraar Willem Suringar.¹⁸ Ook volgde Van ’t Hoff (vrijwillig) practica bij de hoogleraar in de zoölogie en vergelijkende anatomie, Emil Selenka.¹⁹ Naast zijn belangstelling voor literatuur en filosofie laat dit opnieuw zien hoe breed Van ’t Hoffs belangstelling in die dagen was. Zijn studievriend Herman Hesselink van Suchtelen – die later kamerlid en burgemeester van Wageningen zou worden – schreef dat Van ’t Hoff in dit opzicht zijn studiegenoten verre overtrof: ‘Als er in de debating-club onderwerpen behandeld werden die de beeldende kunst of de wetenschap betroffen, dan droeg Van ’t Hoff er het meest aan bij deze discussie interessant te houden.’²⁰ Maar zoals we aan het eind van het vorige hoofdstuk zagen, ging zijn voornaamste aandacht toch uit naar de wiskundecolleges.

Die vielen in Leiden onder de verantwoordelijkheid van de hoogleraar David Bierens de Haan en de buitengewoon hoogleraar Pieter van Geer.²¹



De Leidse hoogleraar wiskunde David Bierens de Haan (1822-1895).

Bierens de Haan was een telg uit een rijk koopmansgeslacht, die na zijn studie wiskunde en een promotie in Leiden leraar was geworden op het gymnasium in Deventer. Daartoe in staat gesteld door het familiekapitaal had hij hier na vijf jaar de brui aan gegeven om zich volledig te kunnen wijden aan het onderzoek van de zogeheten ‘bepaalde integralen’, dat in 1858 onder de titel *Tables d’intégrales définies* was uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen. In 1863 werd hij naast Gideon Jan Verdam benoemd tot buitengewoon hoogleraar wiskunde in Leiden, en vier jaar later tot gewoon hoogleraar

als opvolger van diezelfde Verdam. Als docent was hij echter, evenmin als zijn voorganger een succes: de Leidsche Studenten Almanak schreef in 1865: 'Dat uit zijne diepe kennis voor ons veel nut te trekken viel, behoeven wij naauwelijks te vermelden, doch verzwijgen mogen wij toch onze meening niet, dat Prof. Bierens de Haan den tact, die tot het onderwijs geven evenzeer als geleerdheid noodig is, niet in allen deele bezit.'²² En volgens zijn Leidse collega scheikunde Van Bemmelen bezat hij 'de fatale eigenaardigheid om wiskundige afleidingen, die misschien moeilijk begrijpelijk, maar volstrekt niet onbegrijpelijk waren, volslagen duister te maken.'²³ Bierens de Haan wijdde zich in zijn Leidse tijd bovendien meer en meer aan de geschiedenis en de bibliografie van de wiskunde en natuurwetenschappen.²⁴

Veel weten we helaas niet over Van 't Hoff's tijd in Leiden. Dat komt doordat zijn moeder veel van zijn brieven vlak voor haar dood heeft vernietigd. Zelf was hij daar vrij laconiek onder: 'Ja, dat Moe mijn oude brieven verscheurd heeft is toch goed; niet dat ze niet gelezen mochten worden, maar er is toch veel in mijn afgelegd leven dat ik liever vergeten zie, en, als iemand uit mijn omgeving sterft, is mij dat juist een lichtzij. Wat het is, weet ik niet zoo precies te zeggen, maar het meest nabije komt nog de uitdrukking "my thoughts mistook themselves".'²⁵ Dat is vreselijk jammer, omdat het hier een cruciale periode in zijn ontwikkeling betreft. Om hier toch enig inzicht in te krijgen, moeten we het doen met de antwoordbrieven van zijn ouders, die wel binnen de familie bewaard zijn gebleven.²⁶ En gelukkig ging ook niet alles verloren. Fragmenten van een aantal brieven uit Leiden en Bonn bleven bewaard, doordat zijn moeder de brieven van haar zoon na ontvangst overschreef voor zijn vader, die zijn handschrift vaak niet kon lezen.²⁷ Ook wat dat betreft leek hij op zijn grote voorbeeld, Lord Byron, die in een brief aan zijn vriend Thomas Moore verwees naar zijn eigen, nauwelijks te ontcijferen handschrift.²⁸

De eerste maanden in Leiden ging hij bij kennissen van zijn ouders of (verre) familieleden op bezoek, om zo enigszins een sociaal leven op te bouwen in de voor hem nieuwe omgeving. Ook was het in die tijd nog gewoon af en toe bij een hoogleraar op de thee uitgenodigd te worden. Van 't Hoff beschreef zijn ouders zo'n bezoek aan de hoogleraar in de proefondervindelijke natuurkunde, Pieter Leonard Rijke:

Stel u mij voor in twee zwarte schoentjes, zwart lakensche broek, zwart vest, een rok van vriend A, een dasje van vriend B, een' hoogen hoed van vriend C; die door de geheele Club wordt gebruikt; manchetten waren in den haast vergeten; stel u verder voor dat persoontje, gezeten tegenover den Professor, en diens thé-schenkende vrouw, terwijl hij eene kleine beschrijving geeft van een gedeelte der Veluwe, waar bij hij eenige plaatsaankijkende gesticulaties maakt, ten gevolge waarvan de dochter van Prof.

(met een akelig hoog hard, beenig voorhoofd,) opziet, en het gebrek aan manchetten bemerkt: de mouwen van vriend A's rok zijn te kort.²⁹

Net als hij in Delft had gedaan, was Van 't Hoff van zins serieus te studeren, al liet hij het studentenleven niet helemaal aan zich voorbijgaan. Zijn ouders hoefden zich daarover volgens hem geen zorgen te maken: 'Geloof verder dat noch bier, noch sociëteit, noch studentenleven mij diep ingrijpend zullen wijzigen; de ouderliefde, die reeds sprak, toen vriendschap voor mij nog geen droom was, heeft diepe wortels geschoten in mijn gemoed.'³⁰ Het was wel een periode waarin hij nog erg naar zichzelf op zoek was. Aan de ene kant had hij in Lord Byron een voorbeeld gevonden, iemand 'aan wien ik mij zoo geheel had toevertrouwd, om als 't ware met het hoofd geleund tegen zijn boezem, na te denken, en het leven door te gaan',³¹ terwijl hij even goed die *Schwärmerei* weer als een 'jeugdige dwaasheid' beschouwde en zich voornam op zoek te gaan naar 'andere helden' door 'het boek over Napoleon [te] lezen, en [te] trachten Jezus te leeren kennen, maar de weg om daartoe te geraken is zoo ontzettend bezwarend en lang, als die bij Byron gering is'. De natuur die hem van jongs af aan ook rust had geboden, 'eene eenzame heuvelhelling, uit welks borst het water vloeit, dat voor ons de bergen scheidt', was in Leiden zo goed als afwezig.³² Zijn vader gaf hem advies: 'Ga zelf aan den arbeid en cultiveer U in Uwe vakstudievrije uren op het gebied van het schoone. [...] De ware weg komt mij voor die te zijn, waarop wij heldere noties krijgen van al wat waar, schoon en goed is.'³³

Maar eerst en vooral dienden colleges te worden bezocht. Die van Bierens de Haan waren als gezegd niet erg duidelijk, maar Rijke was een voortreffelijk docent die duidelijk sprak, lastige onderwerpen helder uiteenzette en mooie demonstratieproeven gaf die zelden of nooit mislukten.³⁴ Ook de hoogleraar scheikunde, Anthony Hendrik van der Boon Mesch trok door zijn proeven 'die men nu eenmaal gezien moest hebben' volle zalen, was geestig en doorspekte zijn betoog met anekdotes, maar was – evenmin als zijn collega in de botanie Suringar – een toonbeeld van wetenschappelijk modernisme.³⁵ Zijn verdiensten voor de scheikunde lagen vooral in de toepassingen ervan in de industrie en de landbouw, een richting die hij al in zijn oratie had verkondigd.³⁶ Hij maakte deel uit van het hoofdbestuur van de Nederlandsche Maatschappij ter bevordering van Nijverheid en was in 1833 een van de oprichters en hoofdredacteur van het *Tijdschrift ter bevordering van Nijverheid*, waarin zijn meeste publicaties verschenen.³⁷ Ook de titel van zijn *Leerboek der Scheikunde, met toepassing op kunsten en fabryken*,³⁸ suggereert dat hij in zijn onderwijs weinig oog had voor de meer theoretische kanten van de scheikunde.

Daar kwam bij dat de toestand van de practicumlokalen aan de Aalmarkt miserabel was.³⁹ Van 't Hoff's leraren in Delft, Oudemans en Levoir, die rond 1850 in Leiden hadden gestudeerd, hadden hun experimenten noodgedwon-



*De Leidse hoogleraar scheikunde
Anthony Hendrik van der Boon
Mesch (1804-1874).*

gen thuis gedaan, en Oudemans was op zeker moment nog uitgeweken naar Utrecht om daar bij Gerrit Jan Mulder de onderzoeken voor zijn proefschrift af te maken.⁴⁰ Pas toen in 1851 een groep Leidse burgers protest aantekende tegen het gebrek aan ruimte in de collegezaal waardoor 'hoorders [...] geheel verstoken bleven van het zien der proeven' en ook studenten, onder wie de latere hoogleraren scheikunde in Delft, Leiden en Groningen, Oudemans, Van Bemmelen en Modderman, klaagden dat het laboratorium ongeschikt was voor het doen van proeven, kwamen de curatoren in actie.⁴¹ Het zou echter nog tot 1859 duren voordat ook de scheikunde het nieuwe laboratorium aan de Steenschuur kon betrekken. Maar dat bleek al binnen een paar jaar niet meer te voldoen aan de eisen die in die tijd aan een modern laboratorium gesteld werden. Toen Van der Boon Mesch eind 1873 door ziekte gedwongen zijn hoogleraarsambt had neergelegd en in 1874 was opgevolgd door zijn oud-leerlingen Antoine Paul Nicolas Franchimont en Jacob Maarten van Bemmelen, probeerden deze een tweede chemisch laboratorium te krijgen, speciaal voor organische chemie, maar dat zou er pas in 1901 komen. Terugkijkend zou Franchimont later zeggen dat hij 'een kunstwerk [moest] uitvoeren [...], nl. niet de hulpmiddelen in te richten naar het onderwijs maar omgekeerd het onderwijs te beperken naar de hulpmiddelen'.⁴²

Begin mei 1872 gaf Van 't Hoff zich op voor het kandidaatsexamen, dat eind juni zou plaatsvinden. Zo'n examen nam meestal een uur in beslag, kostte zo'n 40 gulden en besloeg alle vijf de verplichte vakken. Scheikunde hoorde daar niet bij, de 'toegepaste scheikunde' was een doctoraalvak. Om te bepalen of

een student daadwerkelijk klaar was voor het examen, diende deze eerst een aantal tentamens af te leggen. Daartoe ging je langs bij de betreffende hoogleraren, van wie Rijke de meest veeleisende heette te zijn, dus die werd meestal als eerste bezocht.⁴³ Voor het wiskundetentamen van Van Geer kreeg Van 't Hoff een vrijstelling, maar voor dat van Bierens de Haan niet. En daar ging het mis: doordat hij zich de avond ervoor tijdens een feestje iets te veel had overgegeven aan drank, liep het tentamen op een mislukking uit en moest hij terugkomen voor een 'hertentamen'.⁴⁴ Dat was een enorme schok. Diezelfde dag nog reisde hij naar Rotterdam om zijn ouders het slechte nieuws te vertellen en vervolgens direct weer terug te keren naar Leiden en zich in zijn kamer op te sluiten. Hij wilde door niets en niemand gestoord worden en miste zo het bericht dat Van Geer zijn vrijstelling had ingetrokken. Dat leidde gelukkig niet tot verdere problemen, want nadat hij alsnog het tentamen bij Bierens de Haan had gehaald, verschaftte Van Geer hem opnieuw een vrijstelling. Het kandidaatsexamen zelf – in de wis- en natuurkunde – verliep op 21 juni 1872 vervolgens zonder enig probleem.

Maar de indruk die Leiden op Van 't Hoff had gemaakt en de miserabele toestand waarin de Leidse chemie verkeerde – een slecht uitgerust laboratorium en een hoogleraar die geen oog had voor de nieuwste ontwikkelingen op het vakgebied –, waren voor hem reden om niet in Leiden verder te willen gaan. Hij wilde daarheen, waar het op scheikundig gebied te doen was, waar de grenzen van de moderne scheikunde werden opgezocht: in het laboratorium van de Duitse chemicus August Kekulé aan de Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn. En hoewel zijn vader er op had gestaan dat hij zijn studie in Leiden zou afmaken, accepteerde hij de plannen van zijn zoon: 'Ik heb er U doen heengaan [naar Bonn], omdat mij gezegd is door bevoegden dat gij er goed aan deelt, en de hoogte, door U bereikt, was mij reuzenstap genoeg, om daaromtrent geene meerdere eischen te hebben dan den richtigen gang der studien die gij U na Delft gekozen hadt.'⁴⁵ Van 't Hoff vertrok naar Duitsland.

Naar de grootmeester van de chemie

Tegenwoordig is de Poppelsdorfer Allee in Bonn een prachtige, met kastanjebomen omzoomde laan, die twee parken, de Botanische Tuin en de Hof tuin, met elkaar verbindt. De oudste huizen dateren uit de gründerjahre, de jaren 1871-1873 vlak na de stichting van het Duitse Keizerrijk, dat een grote welvaart kende, niet in het minst geholpen door de Franse herstelbetalingen van na de Frans-Duitse oorlog. Deze jaren vormden de culminatie van een periode van industrialisering. Hier was het, op nummer 94, dat de jonge Van 't Hoff zich begin oktober 1872 meldde bij de verhuurders, de heer en mevrouw Neuhöfer. Na een oponthoud van zestien uur (!) in Düsseldorf, dat hij gebruikte om het Neanderthal te bezoeken, waar bijna twintig jaar eerder de eerste schedel van een tot dan toe onbekende vroege mensensoort was opgegraven,

en na twee nachten op de boot te hebben geslapen die hem via Keulen over de Rijn naar Bonn had gebracht, was hij 'wat onfrisch' gearriveerd.⁴⁶ Hij was die zomer al in het huis geweest, op terugreis van een vakantie met zijn ouders en Jacob in het Zwarte Woud, om alvast kamers te zoeken en de omgeving te verkennen. Zijn reiskist werd met hulp van Lena, de meid, uitgepakt en de inhoud naar zijn kamers op de tweede verdieping gebracht. Een wandeling van een uurtje naar de Kreuzberg en een diner in het Poppelsdorfer Jägerhaus, waar hij een professor voor een kelner aanzag, besloten de eerste dag. Na het ontbijt de volgende morgen, dat bij de huur was inbegrepen en dat met een vriendelijk 'Gjuten morrijen' door Lena was gebracht, had hij contact opgenomen met een kennis van zijn vader, de Duitse arts en (later) hoogleraar aan de Universiteit van Bonn, Carl Maria Finkelnburg, die aanbood hem waar nodig te helpen. 's Avonds maakte hij kennis met een andere huurder, een Portugese chemicus, Joaquim dos Santos e Silva, die ook bij Kekulé werkte en met wie hij de eerstkomende tijd op zou trekken. De twee bezochten samen een theatervoorstelling en een museum en maakten ook een paar wandelingen door het Zevengebergte.⁴⁷

Het afscheid was moeilijk geweest: 'Ik vertrok onder de treurigste omstandigheden uit Rotterdam,' zo schrijft hij zelfs in een brief aan een studiegenoot uit Leiden.⁴⁸ Misschien was het de spanning van het naderende vertrek naar het buitenland, de onzekerheid of hij met zijn kennis van de chemie wel aan zou kunnen sluiten in het laboratorium van Kekulé, wie zal het zeggen? Hoe dan ook had zijn gemoedstoestand in Oosterbeek, waar hij vóór vertrek nog enige dagen met zijn moeder, broers en zusje had doorgebracht, geleid tot een gespannen sfeer. Zijn moeder kwam daar na zijn vertrek naar Bonn verscheidene keren op terug:

Uwe zenuwachtigheid, uw oplopendheid en ziekelijke gevoeligheid ook tegenover mij, in één woord, de ziekelijke toestand die ik bij u waarnam, [...] het eerste zich kenmerkende door eene hartstogtelijke begeerte voor afleiding, het andere door melancholie en prikkelbaarheid, zie, 't is of ik dat alles nu begrijp [...]! alleen als gij tot de overtuiging komt dat gij zelf daaraan schuld hebt, zelf de oorzaak daarvan zijt, kan het anders worden, maar dan alleen, want de strijd moet een goede grond hebben, zal die in waarheid vruchtbaar zijn voor het leven.⁴⁹

De dag voor zijn vertrek was het tijdens het inpakken tot een botsing gekomen tussen moeder en zoon, een 'droevige ontkenning'.⁵⁰ Eerder had er namelijk al een incident plaatsgevonden met Jacob, en dat alles had haar uit haar evenwicht gebracht en vader had er nadien alles aan moeten doen 'om haar geschokt gemoed rust en kalmte te bezorgen'.⁵¹ Hij bekeek de situatie wat nuchterder dan zijn echtgenote en was minder bezorgd over de gemoeds-

toestand van zijn zoon: 'Leef vrolijk en te vreden naar aanleiding eener reine frissche gemoeds en geestes stemming. Verval niet in te diepe melancholieën; laat U niet vervoeren tot de overdrijving van den luim en tracht Uwen weg te gaan in vrede.'⁵² Van 't Hoff's antwoord en verklaring voor zijn gedrag is verrassend:

Een donkere daad echter slingert over mijn verleden een onuitwischbare schaduw; niemand is er, geloof ik, meê bekend, en ik kan er u niet meer dan vaag over spreken; vijf jaren van afwisselend leven rolden er overheen, doch onveranderlijk blijft de indruk, ja, schijnt zelfs met den tijd dieper te worden; de gedachte er aan wordt door toevalligheden verlevendigd, en lokt mij naar de eenzaamheid, om dáár te gevoelen, hoe onveranderd de wonde ettert. Ziedaar, wat mij verleden jaar alleen naar het Schwarzwald dreef, om te zien of de natuur in hare stille schoonheid iets op de herinnering vermogt; vergeefs! – daarom verliet ik den avond in Oosterbeek het gezelschap, en zocht afleiding in inspannend genot; daardoor menige traan in stilte. Voeg daarbij zelfverwijt in de zaak Bierens de Haan, en gevoel wat het is een halve waanzin te ontvluchten.⁵³

Naar wat voor 'donkere daad' hij hier verwijst is niet helemaal duidelijk. Vijf jaar hiervoor deed hij toelatingsexamen voor de hbs, en werd toegelaten tot de vierde klas, zij het na een herexamen voor Frans. Ook de verwijzing naar de zaak Bierens de Haan, bij wie hij ook in eerste instantie zakte voor een tentamen, geeft aan dat beide gebeurtenissen, waar hij zijn ouders had teleurgesteld, de nog jonge Van 't Hoff een flinke knauw hebben bezorgd. Dat had alles te maken met de rol die zijn ouders hem hadden toebedeeld ten opzichte van zijn jongere broers. Waar zij zelf al hun moeite en energie aan hun oudste hadden gegeven en nog zouden geven, verwachtten zij dat hij op zijn beurt zijn broers tot voorbeeld zou zijn. Het 'incident met Jacob', die drie jaar jonger was dan hij, zou heel goed hiermee te maken kunnen hebben gehad. In een brief aan Van 't Hoff beschrijft zijn moeder een waanbeeld dat ze had gehad:

Ik leefde in de toekomst; ik had Jacob ook heen zien gaan: in Leiden zijnde hoorde hij al wat voorviel, ook de zaak van B[ierens] de Haan, en schaterende van lachen stond hij aan uwe zijde aan 't voeten-eind van 't ledikant, uitroepende: dat was de zoon die mij tot leidsman en steun zou zijn!⁵⁴

Na een eenzame wandeling in het Zevengebergte kwam Van 't Hoff een paar dagen later weer enigszins tot zichzelf: 'Ik kreeg herhaaldelijk tranen in de oogen, en dat is mij aangenaam; het is, alsof de harde bitterheid, die ik zoo dikwijls in mij voel opwellen, en alles rondom mij in somberheid kleedt,

wegsmelt, en mijn “eigenlijk ik” weêr in zuivere vormen optreedt.⁵⁵ Himmel-hoch jauchzend, bis zum Tode betrübt...

Wat Van 't Hoff mede hielp om in deze emotionele periode weer met beide benen op de grond te komen, was de afleiding die de terugkeer van de studenten naar Bonn hem bood, ‘als ontpopte vlinders [...] in een’ ontluikende bloemen-tuin.’ Hij maakte direct kennis met een aantal van hen en bracht ook een eerste avond door op een vereniging, waar hij uiterst hartelijk werd ontvangen. Het samenzijn beviel hem, er heerste orde, er werd gezongen én ook enorm veel gedronken, waarbij hij zich (naar eigen zeggen) grotendeels onthield.⁵⁶ En het is opnieuw zijn vader die hem vanuit Rotterdam probeerde op te beuren en te verlossen van zijn weltschmerz: ‘Niet te serieus kunt ge me het leven opvatten en niet te streng zijn in Uwe beoordeeling als maar waarheid en opregtheid in U zelfs door Uwe levensbeschouwingen werden gekweekt.’⁵⁷ Zijn moeder kon zich echter overduidelijk niet zomaar over het vertrek van haar zoon heen zetten, en daar blijkt meer achter te zitten. Van 't Hoff stond haar van al haar kinderen het meest nabij, iets wat zij in verschillende brieven herhaalt:

gij weet zelf, hoe wij in de laatste jaren uren lang konden zamen zijn dat 't ons nooit aan stof tot gesprek ontbrak; in uw zijn, in uwe ontwikkeling was zóó véél dat mij aantrok; ik leefde met u, en volgde uw' gedachtengang zoo gemakkelijk; in één woord, telkens en telkens weer gevoelde ik mij aan u gehecht, en dankte God voor 't bezit mij in u geschonken! De bewijzen van uwe liefde voor mij bleven ook niet achter, en, al plaagdet gij mij duizend maal, ik ondervond te midden daarvan hoe uw hart gevoelig is voor liefde en vriendschap meer dan gij 't u zelf misschien bekennen wilt.⁵⁸

Maar gedurende zijn laatste maanden in Leiden had ze gemerkt dat hun relatie veranderd was: ‘Gij plaagdet mij soms op eene wijze en met zaken, die ik niet aangenaam vond.’⁵⁹ Het incident met Jacob en een latere ruzie tijdens het inpakken van zijn spullen voor Bonn hadden haar de ogen geopend: ze was haar liefste zoon kwijt: ‘Nu ontzonk mij op eens alles. Mijn vertrouwen in u, mijn geloof, mijn hoop, mijn steun, mijn alles! [...] Het is alles veranderd: als men met lof over u spreekt, ach! dan zwijg ik beschaamd, en denk: wist gij-[ieden] eens alles!’⁶⁰ Een uiterst emotionele brief van een moeder, die haar zoon niet kon loslaten en zo een enorme psychische druk op hem uitoefende. Het was haar duidelijk dat de tijd voorgoed voorbij was dat ze zo emotioneel met elkaar verbonden waren, dat zij zich één met hem voelde en zichzelf in hem herkende. Zij kon er niet goed mee omgaan dat hij eigen gevoelens en meningen had, die zij niet meer begreep of aanvoelde, zoals ze vroeger deed. Zijn plagerijtjes die zij vroeger beschouwde als teken van liefde, voelden voor haar opeens als een afwijzing van haar als persoon.

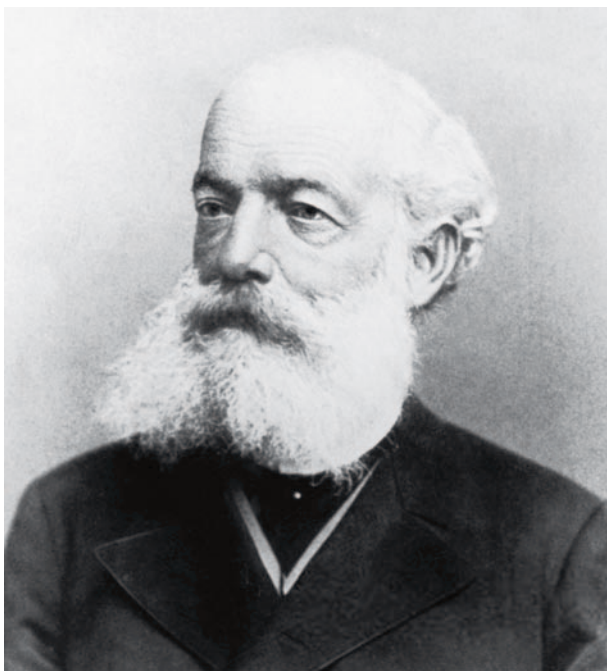
Maar Van 't Hoff was er niet op uit om de zaak op de spits te drijven. Integendeel, hij bond in, en trok in zijn antwoord de schuld naar zich toe: 'Vergeef mij de dwaasheden in mijn gemoed; ik gevoel in alles, dat ik niet voor het kalme, huiselijke, vriendschappelijke samenzijn ben gemaakt; wezenlijk, ik zou te midden van vrienden verdorren en verflitsen; somberheid is de hoofdtint, en, om daaraan te ontkomen, heb ik een meer geprikkeld leven nodig dan tabak en thé kunnen geven.'⁶¹ Het zal voor hem een opluchting zijn geweest dat een aantal dagen daarvoor het laboratorium van Kekulé weer was opengegaan, zodat hij eindelijk aan het werk kon en afleiding kreeg. Kekulé was in die tijd een van de meest vooraanstaande scheikundigen van Europa. Na in de jaren vijftig bij verschillende scheikundigen in Duitsland, Frankrijk en Engeland te hebben gestudeerd, was hij hoogleraar geworden in Gent en in 1867 benoemd in Bonn. In het volgende hoofdstuk zullen we zien hoe hij er tussen 1856 en 1858 in was geslaagd een theorie op te stellen voor de manier waarop de atomen in moleculen met elkaar zijn verbonden. Met deze *structuurtheorie*, en aan de hand van de daaruit voortvloeiende *structuurformules* had hij geprobeerd orde te scheppen in de veelheid van mogelijke structuren van organische verbindingen. Hoewel lang niet iedereen zijn inzichten accepteerde, gold hij toch als de grootmeester van de theoretische chemie.⁶² Al een jaar na zijn aanstelling in Bonn in juni 1867 had hij een gloednieuw laboratorium betrokken dat oorspronkelijk was bedoeld voor August Wilhelm von Hofmann, die zijn beroeping naar Bonn op het laatste moment had afgezegd om te kiezen voor Berlijn.⁶³

Gezien zijn ervaring met laboratoria in Delft en Leiden was Van 't Hoff enorm onder de indruk toen hij dat laboratorium betrad, al ging ook hier zijn romantisch gemoed misschien wat al te zeer met hem op de loop:

Het is een tempel! eerbied voor wat groot was maakt zich van u meester, als gij temidden der busten van Davy, Cavendish, Lavoisier, Priestley uwe voeten afveegt, en gij schaamt u, als uw voetstappen hard klinken in den ruimen gang [...]; links het auditorium, waar zich dagelijks honderd van de meest ontwikkelde jongelui uit een tiental beschaafde natieën verzamelen, om Kekulé te zien en te hooren, wiens faam zich over een half werelddeel uitstrekt. Er is iets betooverends in het zien van iemand, die beroemd is: hij staat alleen, buiten liefde of vriendschap, buiten achting of al datgeen, waarop onze gewone thermometer wijst, hem te beminnen is pedanterie; hem te achten eene gemeenplaats: het is aan ons hem te hooren en te bewonderen; aan hem ons te beoordeelen.⁶⁴

Hij noemde het 'pedante brutaliteit' dat zijn Duitse medestudenten het waagden om vóór Kekulé's binnenkomst met elkaar te praten, spreken zou daar alleen aan de meester toegestaan mogen zijn. Waar Kekulé college over gaf,

wordt helaas niet vermeld, al is dat ook wel te begrijpen: de brieven waren per slot van rekening gericht aan zijn ouders. Ook op de practicumzaal werd hij vriendelijk ontvangen, naar eigen zeggen omdat hij Franchimont kende, die vanaf april 1871 een jaar bij Kekulé had gewerkt en daar als Kekulé's privéassistent een uitstekende indruk had achtergelaten.⁶⁵ Er waren veel buitenlanders op het laboratorium, een Fransman, een Engelsman, een Rus, zijn Portugese huisgenoot en zelfs iemand uit Chili, hetgeen nog eens de belangrijke positie onderstreept die Kekulé op dat moment binnen de chemie innam. Met Walther Spring, een Belgisch chemicus uit Luik, zou Van 't Hoff tot aan zijn dood bevriend blijven.⁶⁶



*August Kekulé
(1829-1896),
leermeester van
Van 't Hoff in Bonn.*

Tot Van 't Hoffs grote genoegen liet Kekulé hem volkomen vrij in zijn onderzoek: hij mocht 'naar iets nieuws zoeken'.⁶⁷ De eerste weken werkte hij daar hard aan, van negen tot zes: reacties uitvoeren, verbindingen isoleren en zuiveren in de hoop iets te synthetiseren wat niemand vóór hem had gedaan.⁶⁸ 's Avonds studeerde hij meestal, al trok hij er in de weekends ook op uit voor wandelingen in de omgeving. Daarbij maakte hij kennis met een meisje: 'Hoevel ik zoo soliede leef als een Eunuque, heb ik een meisje aangeklampt, een dochter van de bergen, die 's zomers buiten, 's winters hier leeft; wij schrijven elkaar, wandelen samen en zij heeft mij tweemaal bezocht'.⁶⁹ Af en toe bracht hij de avond door in gezelschap van Duitse studenten: 'drinken, zingen, kaartspelen'. Dat leidde blijkbaar wel eens tot irritaties en ruzies, waarbij hij zich

niet onbetuigd liet: hij werd tweemaal uitgedaagd tot een duel. Maar zijn ouders hoefden zich geen zorgen te maken, de eerste tegenstander trok zich terug en de tweede liet na om binnen drie dagen een *Cartellträger* te sturen 'om naar de wapens te vragen', zodat beide affaires met een sissier afliepen.⁷⁰ Vervelender was dat hij ook met Kekulé 'eene kleine combustie' kreeg. Die wilde namelijk een paar van zijn betalende laboranten gebruiken om ideeën die hij had over kamfer en terpentijn te toetsen,⁷¹ en Van 't Hoff weigerde daaraan mee te werken. Hij ging liever door met zijn eigen onderzoek. Sindsdien was 'Pr[of]. Kekulé niet meer wat hij was, en lokt anderen; nu reeds zijn er drie gevangen.⁷² Hun onderzoekingen leidden in de daaropvolgende maanden voor elk van hen tot een artikel.⁷³ Volgens Kekulé-biograaf Anschütz zou Van 't Hoff dan ook méér aan Kekulé hebben gehad als hij zich wél voor diens karretje had laten spannen.⁷⁴

Van 't Hoff bracht de kerstdagen door in Rotterdam, maar moest zich 3 januari weer melden op het laboratorium. Daar zat het hem in de daaropvolgende maanden tegen. Het wilde maar niet lukken met de proeven: 'Niet-tegenstaande hardnekkige en planmatige aanvallen in alle richtingen verbergt de natuur met eene onbegrijpelijke flegmasie haren scheikundige geheimen, en lokt mij, als een gevaarlijk schaakspeler, in hoeken waar het niet veilig is, zoodat ik nu werk met iets, dat lucht, noch licht, noch vocht kan zien, zonder zich in giftige damp om te zetten.'⁷⁵ Veel resultaat leverden zijn pogingen niet op. Bovendien had hij tot dan toe geen echt goede indruk weten te maken met zijn experimentele vaardigheden, nee, eerder maakten zijn collega's zich vrolijk over de onhandigheid die hij bij tijd en wijle in het laboratorium aan de dag legde.⁷⁶ Toen rond Pasen zijn moeder en broer Johan hem in Bonn bezochten, maakte hij haar deelgenoot van zijn teleurstellingen. Hij vond dat hij zijn eigen hoge verwachtingen (en impliciet die van zijn ouders) niet waar had kunnen maken. Teruggekeerd in Nederland bracht moeder verslag uit en hierop greep zijn vader kordaat in. Hij herinnerde hem aan de afspraak die ze na Delft hadden gemaakt toen hij voor de chemiestudie had gekozen en constateerde dat zijn zoon, nu het met de studie tegenzat, afdwaalde naar de literatuur en daarmee het 'programma niet eerbiedig[de]'.⁷⁷ Ook zijn moeder vreesde dat hij zich te veel bezighield met het schrijven van gedichten, zich vaak verveelde, een loopje leek te nemen met werk en studie en zo was afdewaald van zijn eigenlijke doel.⁷⁸ De angst van zijn ouders was opnieuw dat hij een slecht voorbeeld zou kunnen worden voor zijn jongere broers: 'Kom weêr Uwe studieën hier opvatten en voltooijen, en daarop dring ik te meer aan als ik wel bedenken dat het de zaak is om regelrecht op het doel aftegaan – op U volgen Jacob, Johan en Bertje.'⁷⁹

En toen ontmoette hij half mei een Russische studente, Miss Von Fedoroff.⁸⁰ Helaas komt zij in geen enkele brief van Van 't Hoff zelf voor, en weten we alleen iets over haar uit de brieven van zijn moeder. Omdat voor 1919

vrouwen zich niet als 'ordentliche Studenten' konden inschrijven, is er ook in de archieven van de universiteit niets over haar te vinden.⁸¹ Er is bovendien van haar geen enkele brief nagelaten, ze wordt niet genoemd in teksten van anderen en we weten dus niets over wie zij was of waar ze vandaan kwam. Een brief van zijn moeder suggereert dat het Van 't Hoff zelf was die haar bij Kekulé zou hebben geïntroduceerd.⁸² Wellicht was ze dus inderdaad naar Bonn gekomen om in het laboratorium van Kekulé meer te leren over de nieuwste ontwikkelingen in de scheikunde. Dat Van 't Hoff onder de indruk was van haar is waarschijnlijk. Achter op een van de brieven uit die tijd staat een in potlood geschreven romantisch gedicht in het Frans, mogelijk de taal waarin hij met haar sprak. Het gedicht verhaalt over een onvervuld liefdesleven, over iemand die nooit 'de liefde van een goed hart' had gekend, en nu hij die wel had gevonden, weer terug moet keren naar zijn familie en vrienden. Zijn tijd bij Kekulé liep immers ten einde. Zijn ouders waren ook al volop bezig om een volgende stap voor te bereiden. Zo hadden ze via de *Nieuwe Rotterdamse Courant* ontdekt dat zijn oude hbs een tweede leraar natuur- en scheikunde zou gaan aanstellen. Vader stuurde de advertentie mee met een brief en adviseerde zijn zoon om te solliciteren, zelfs al zou die baan onvermijdelijk zijn met het voltooien van zijn studie, want met 2500 gulden was het salaris alleszins acceptabel en dan had hij in elk geval wat in de hand: 'Uw diploma uit Delft en Uw bewijs uit Leiden moet gij zien te muniëren [voorzien van] met een getuigenschrift van Kekulé.'⁸³

Intussen was zoonlief in Bonn behoorlijk ten einde raad. Niets leek te lukken en hij begon te beseffen dat hij door zich als jongste in het laboratorium en als enige zonder universitair diploma tegen 'de Kamferdienst' te verzetten 'een wetenschappelijke Don Quichote, een mislukt origineel' dreigde te worden.⁸⁴ En dan moest hij uitgerekend nú Kekulé om een aanbevelingsbrief vragen? Maar tot zijn verrassing stond Kekulé op een dag ineens voor hem, terwijl hij zich de maanden daarvoor niet had vertoond, en vroeg hem wat hij de afgelopen tijd had gedaan en nog wilde gaan doen. Toen Van 't Hoff dit uiteen had gezet, antwoordde hij: 'Een mooie gedachte die wellicht tot een algemene synthese kan leiden.'⁸⁵ Dat gaf nieuwe moed. Van 't Hoff ging meteen aan het werk om de betreffende alternatieve synthese van propionzuur⁸⁶ uit te voeren en slaagde erin deze net voor het weekend klaar te hebben. Zaterdagmorgen zette hij alles bij elkaar op tafel en wachtte de komst van Kekulé af:

Na ongeveer een half leven kwam hij; de boel werd bekeken en beroken; Kekulé zei aan den assistent een en ander, dat deze natuurlijk 'bejaade', en toen keek hij mij aan, zonder iets te zeggen; ik ook een oogenblik, en toen zei ik: 'Gutemorgen', en begon hartelijk te lachen, na afloop waarvan ik een klein rede hield, en Uw brief liet zien; hij raadde mij aan te solliciteren, maar niet aan te nemen, doch mijne studieën aan eene groote uni-

versiteit te vervolgen, zoo omstandigheden dit toelaten; hij eindigde met: 'ein Zeugniß werden Sie haben und zwar ein sehr schönes.' Hij vroeg mijn naam voluit en mijn geboorte datum, en verdween.⁸⁷

Toen Kekulé was vertrokken, stormde Van 't Hoff naar de kelder waar hij in huilen uitbarstte.

Na weer enigszins tot bezinning te zijn gekomen, stuurde hij een telegram aan zijn ouders: 'Gelukkig geweest. Kekulé belooft een zeer schoone aanbevelingsbrief. Henry'⁸⁸ Maandagmorgen had hij die binnen:

De heer Jacobus Henricus van 't Hoff uit Rotterdam heeft sinds de herfst van 1872 tot vandaag onder de speciale leiding van ondergetekende in het laboratorium van het chemische instituut van de universiteit alhier gewerkt. Op basis van uitstekende kennis van de verschillende gebieden van de chemie en al heel bedreven in het doen van experimenten, heeft hij zich deels met de synthese van chemische preparaten en deels met zelfstandige onderzoeken beziggehouden, die zeer interessante resultaten beloven te geven.⁸⁹

Een interessante aanbevelingsbrief, die in elk geval een positieve indruk wekt ('uitstekende kennis van de chemie'). Voor de oplettende lezer was echter ook duidelijk dat Van 't Hoff nauwelijks harde resultaten had behaald tijdens zijn jaar in Bonn. Dit wordt nog duidelijker wanneer we deze brief vergelijken met die van Franchimont. Die was al binnen twee maanden privéassistent van Kekulé geworden en was 'van nature handig en op basis van zijn eerdere praktische ervaring nu tot een behendig experimentator uitgegroeid'. Daarbij had hij trouw alle colleges bezocht 'en huldigde dus niet de wijdverbreide mening dat je na een met succes afgelegd tentamen, verder niets meer zou kunnen leren'. Kortom, Franchimont was 'in staat om elke universitaire positie tot voordeel en eer van het instituut dat hem aan zich bindt, te vervullen.'⁹⁰ Geen wonder dus dat Franchimont in januari 1874 werd benoemd tot buitengewoon hoogleraar organische chemie in Leiden.

Tussen Van 't Hoff en Kekulé is het daarna nooit meer echt goed gekomen. Kekulé zou later verwijzen naar de 'door Le Bel ontwikkelde en door Van 't Hoff verder uitgewerkte hypothese van het asymmetrisch koolstofatoom',⁹¹ terwijl hij heel goed wist dat Van 't Hoff niet alleen eerder dan Le Bel met deze theorie was gekomen, maar dat ook diens weergave ervan veel meer invloed had gehad dan die van Le Bel. Verder schreef Kekulé ook geen aanbevelingsbrief toen Van 't Hoff hem daarom had gevraagd ten behoeve van zijn aanstelling als lector in Amsterdam. Omgekeerd schreef Van 't Hoff een uiterst koele en zakelijke necrologie voor het tijdschrift *Die Nation*, nadat Kekulé in juli 1896 was overleden: geen woord daarin over zijn tijd in Bonn, geen woord

ook over de persoon van Kekulé, en geen woord van dankbaarheid over de rol die Kekulé had gespeeld in zijn (professionele) leven.⁹²

Utrecht-Parijs-Utrecht

Ondanks alles had Van 't Hoff zijn doel bereikt. Tijdens zijn laatste dagen in het laboratorium in Bonn had hij nog wat noodzakelijke analyses en checks uitgevoerd en hij wist nu dat hij in elk geval één nieuwe synthese had ontdekt. En ook al was het *Sommersemester* al afgelopen, hij besloot nog even te blijven, om gebruik te kunnen maken van de bibliotheek (en misschien ook wel om bij Von Federoff te zijn). Hij schreef een artikel en diende dat 8 augustus in bij het tijdschrift van de Deutsche Chemische Gesellschaft.⁹³ Het was zijn eerste artikel in een buitenlands tijdschrift, en vormde mede de basis voor zijn proefschrift. Een week later liet hij zich uitschrijven bij de universiteit en keerde terug naar Nederland.⁹⁴ De rest van de zomer bracht hij door in het ouderlijk huis in Rotterdam en in De Steeg (Gelderland). Daarna vertrok hij naar Utrecht waar hij zijn studie scheikunde wilde afmaken. Eerst huurde hij er een kamer in de Witte Arend, een pension aan de Westerkade 2, om later naar de Lange Nieuwstraat te verhuizen. De eerste brief van zijn vader die in Utrecht op de mat viel, dateert van 16 september 1873, een dag nadat hij zich als student had ingeschreven. In een brief aan Cohen heeft hij die eerste paar maanden vol weemoed beschreven:

Het was een heerlijke tijd; het koren zong zijn morgenlied, overal, van den Dom, van de groote piano-orgels op straat en 's avonds, 's nachts en 's morgens van het kleine kerkje dichtbij de Witte Arend. Ik moest hard werken en in drie maanden mijn doctoraal inpompen, had dus geen tijd voor gezelschap, behalve mijn hondje, dat ik in de kast sloot als het lastig was.⁹⁵

Hij had het druk, want er wachtten hem nog een paar tentamens, waaronder eentje in de filosofie, waar hij erg tegen opzag: 'Tegelijk studeerde ik in een onmogelijk boek over wijsbegeerte, dat ik voor Opzoomer kennen moest en las daarin aan de haltestellen en leerde onderweg.'⁹⁶ In deze periode was hij in de ban van het werk van een jonge Engelse dichter, Henry John Bulkeley, wiens bundel *Walled in* een jaar eerder verschenen was.⁹⁷ Bulkeley zou nog een belangrijke rol gaan spelen in Van 't Hoff's denken over zijn toekomst.

Na zijn tentamens succesvol te hebben afgelegd, restte alleen nog het doctoraalexamen. Hiervoor kreeg hij een tweetal vragen op die hij tijdens het examen ten overstaan van de commissie diende te beantwoorden. De vraag van de hoogleraar natuurkunde Grinwis was vrij standaard en ging over inductiestromen, een halve eeuw voordien ontdekt door de Engelse natuurkundige Michael Faraday. De vraag van professor Van Kerckhoff, die organische chemie doceerde, was veel interessanter, omdat die betrekking had op een

onderwerp waar, zoals we in het volgende hoofdstuk zullen zien, de chemische wereld op dat moment mee worstelde: 'Geef een overzicht van de soorten van isomerie en van de verklaringen, daarvan voorgesteld.'⁹⁸ Het was deze vraag waarvoor Van 't Hoff in het najaar van 1873 de bibliotheek indook om daar de recente scheikundige literatuur te bestuderen. Een verfrissend wandelingetje door de Utrechtse binnenstad bracht hem vervolgens tot het inzicht van het asymmetrisch koolstofatoom. Maar daarover later meer. Zijn doctoraalexamen op 20 en 22 december 1873 verliep uitstekend: 'In beide uren heeft de Candidaat zeer goed voldaan. [...] De beantwoording was grondig en helder en met groote uitvoerigheid. [...] De Candidaat paart aan eene groote vlugheid van bevattings, eene meer dan gewone mate van kennis.'⁹⁹

Gesterkt door dit uitstekende resultaat besloot Van 't Hoff het advies van Kekulé op te volgen om zijn 'studieën aan eene groote universiteit te vervolgen.'¹⁰⁰ Dat hij daarbij voor Parijs koos en bij Wurtz aan de École de Médecine ging werken, kan ook niet anders dan op advies van Kekulé zijn geweest: Wurtz en Kekulé bewonderden elkaars werk en waren goede vrienden.¹⁰¹ Ook Franchimont had een jaar eerder dit traject gevolgd. Zo nam Van 't Hoff zich voor begin 1874 naar Parijs te gaan. Maar eerst ging hij nog even naar Bonn, om bij Kekulé een introductie te vragen voor Wurtz. Daar ontmoette hij ongetwijfeld ook weer zijn Russische vriendin, met wie het verre van goed ging. Ze werd namelijk als vrouw in het chemisch instituut en het laboratorium van Kekulé niet geaccepteerd. Wat er zich in die dagen precies heeft afgespeeld is onbekend, maar feit is dat Elisabeth von Federoff op 20 januari 1874 een einde aan haar leven maakte. Diep ontdaan liet hij dit vanuit Bonn direct aan zijn moeder weten en uit haar antwoord wordt iets meer duidelijk over de mogelijke omstandigheden waaronder deze verschrikkelijke gebeurtenis had plaatsgevonden.

Zijn moeder had Elisabeth namelijk ontmoet toen zij in de tweede helft van augustus 1873 een deel van haar zomervakantie in Bonn en omgeving had doorgebracht, samen met Jacob en de muziklerares van de familie, Catherine Soeters. Van 't Hoff was toen al teruggekeerd naar Nederland. Nieuwsgierig als ze was, had zij de gelegenheid te baat genomen om contact te zoeken met deze Russische jongedame. Op een treinstation hadden ze meer dan een halfuur met elkaar gesproken:

daar werd mijn gevoel pijnlijk aangedaan bij de voorstelling van den strijd, die zeker de hare was; het kon toch niet anders of hare zucht naar vrijheid en zelfstandigheid, naar kennis en ontwikkeling moest telkens en telkens pijnlijk worden aangedaan te midden van eene maatschappij, die de regten der vrouw niet als zoodanig erkent, terwijl enkele individus het er op schijnen toe te leggen haar te bespotten, te belagen en 't leven te bemoeielijken.¹⁰²

Verrassend was dat zijn moeder Van 't Hoff geen troost bood, maar hem *verweet* Elisabeth niet voldoende te hebben gesteund. Hij zou haar hebben bevestigd in haar negatieve gevoelens en daar zijn eigen 'Weltschmerz' tegenover hebben geplaatst:

Gij, die haar eene plaats op het labor. hadt bezorgd, [...] hadt eene edele, ridderlijke figuur voor haar kunnen worden, door haar te ontmoet te komen en te helpen, maar, óf 't verschil in sexe maakte u dit moeilijk, óf door gebrek aan achting voor de vrouw, hadt gij er een zeker behagen in, in u een gevoel van hoogmoed kweekende, met u zelf en met haar te spelen, en, u vormende naar den aangebeden man, met het gevoel van ongeluk in u en haar te dweepen! Mijn ideaal is een ander!¹⁰³

Waarna ze verdergaat:

gij hebt geleden zegt gij, maar – beken het zelf, gij hebt toch genoten in de geprikkelde stemming, waarin al het door u bijgewoonde u bragt; gij beschuldigt u zelf, en ook ik deel daarin, maar waartoe leidt dit: gij blijft om de begrafenis bij te wonen en al wat zich daar aan verbindt; en maakt eene Elegie, op die wijze in u sentimenteele gewaarwordingen aankweekende, nu zij er niet meer is, in plaats van, terwijl zij nog leefde, te toonen dat hare persoonlijkheid indruk op u maakte.¹⁰⁴

De *Elegie* waar moeder hier naar verwijst is een lang gedicht in het Engels,¹⁰⁵ dat Van 't Hoff vlak na de dood van Elisabeth schreef en dat hij liet drukken in Bonn.¹⁰⁶ Een hyper-romantisch werk, gericht aan een geliefde die de wrede wereld niet langer aan kon:

Thy cause was holy, pleading Woman's right,
Thine enemies were many and were strong;
And thou wert weak as woman, yet more bright
E'en by that valiant weakness; as the song
Of a despised lone minstrel;...

Het zal niet verbazen dat het qua metrum en rijmschema bijna identiek is aan het gedicht *Childe Harold's Pilgrimage* van zijn grote voorbeeld Lord Byron.¹⁰⁷ Een regel is zelfs een letterlijk citaat uit Byrons gedicht. En ook al kloppen sommige rijmwoorden niet – zo laat hij bijvoorbeeld 'gone' rijmen op 'alone' –, is het zeker geen onverdienstelijke poging om uiting te geven aan zijn emoties over de dood van Elisabeth. Maar voor zijn moeder waren dit krokodillentranen: zij had liever gezien dat hij Elisabeth meer had gesteund:

Pleit het voor wijsgeerigen zin sympathie te bewijzen als het te laat is? Der wereld luidte te verkondigen welke snaren de dood van iemand in uwe ziel doet trillen, die gij, terwijl zij leefde den indruk trachtte te geven dat zij u onverschillig was? Mijne meening is een gansch andere: ik noem dat hoogmoed, en eigenliefde, en ijdelheid en eerezucht, sentimentaliteit en romanesquerie.¹⁰⁸

Ze ondertekende haar brief, volledig tegen haar gewoonte in, met 'Uwe Moeder', waar zij anders altijd afsloot met 'Uwe U zo liefhebbende Moeder'. Een maand later had ze alweer meer waardering voor de *Elegy* en vroeg ze hem om toezending van een aantal exemplaren, omdat ze die aan kennissen wilde geven...¹⁰⁹



De Franse chemicus Charles Adolphe Wurtz (1817-1884) in wiens laboratorium in Parijs Van 't Hoff begin 1874 enkele maanden doorbracht.

Begin februari vertrok Van 't Hoff naar Parijs, waar hij mede dankzij de introductie van Kekulé vriendelijk werd ontvangen en een plek kreeg in het laboratorium. Van hemzelf is uit deze periode geen enkele brief overgeleverd, zodat we zijn wel en wee indirect op basis van antwoordbrieven van de ouders moeten reconstrueren. Waar hij in het laboratorium precies aan werkte, is dan ook onduidelijk; pas eind mei informeerde zijn vader voorzichtig naar de voortgang ervan: 'Met verlangen zie ik van U weder eens eenig bericht te gemoet [...] of gij reeds de grondslagen en de standvinken voor het gebouw hebt gelegd en gesteld en gij een goed oog hebt op Uw architectuur. [...] Zal het een Schepping zijn of het weergeven van deze of gene stijl.'¹¹⁰ Op basis van het antwoord van Van 't Hoff vroeg zijn vader vervolgens of hij 'zijn dissertatiewerk geheel te Parijs of voor een deel bij ons komt doen.'¹¹¹ Waarschijnlijk had

hij dus het onderzoek dat hij in Bonn was begonnen, voortgezet en werkte hij aan het analyseren en opschrijven van de resultaten om die op te kunnen nemen in zijn proefschrift. In zijn vrije tijd nam hij de gelegenheid te baat de verschillende toeristische attracties die Parijs rijk is te bezoeken en nam hij zelfs dans- en zangles. Het leven was er duur, in drie maanden besteedde hij bijna 700 gulden, en omdat hij bovendien een slecht boekhouder was, kwam hem dit op een reprimande van zijn moeder te staan.¹¹² Rond Pasen maakte hij samen met zijn ouders en Jacob nog een reis van zes (!) weken door Italië, van Napels, via Rome, Florence, Venetië, Triëst en Genua terug naar Parijs. Omdat hij begin juli 1874 al terug was in Utrecht, heeft hij effectief niet veel langer dan drie maanden in het laboratorium van Wurtz gewerkt. Die bleek wel een veel toegankelijker leermeester dan Kekulé,¹¹³ in het laboratorium heerste een open atmosfeer en er werd onderling veel gediscussieerd.¹¹⁴ Maar volgens de assistent van Wurtz, Joseph Achille Le Bel, die we later nog zullen tegenkomen, viel Van 't Hoff niet op: '[Hij] was zo stil dat we niet veel aandacht aan hem besteedden.'¹¹⁵ Wurtz lijkt in elk geval wel over hem te spreken te zijn geweest. Hij had blijk gegeven van een 'zeer diepe kennis, een onverflauwde ijver en een opmerkelijke geschiktheid voor praktisch chemisch werk'.¹¹⁶ En vooral dat laatste was gezien het veel zuiniger oordeel van Kekulé toch verrassend.

Reeds voor zijn terugkeer naar Nederland kwam opnieuw de vraag over zijn toekomst ter sprake. Zijn ouders wisten het wel. Eerst netjes je studie afmaken door te promoveren, en dan een degelijke baan als leraar. Gedurende zijn tijd in Parijs, hadden zij hem enige keren gewezen op posities waarop hij kon solliciteren: op de Gemeentelijke Landbouwschool in Wageningen, de Industrieschool in Enschede¹¹⁷ of op de hbs in Den Haag.¹¹⁸ Ook was zijn vader op de terugweg uit Italië in Bonn nog bij Kekulé langsgegaan, om diens goede raad in te winnen:

Zijn spreken over U en al wat Uwe belangen goldt was hem aangenaam; hij hield veel van U, noemde mij Uwe goede eigenschappen en Uwe gebreken; was met de eerste hoog ingenomen en beperkte de laatste tot de herstelbare en de zoodanige waarvan de herstelling juist om den willen der eerste zoo veel beteekenis had: rustige practische werkzaamheid dat was het wat U zou opbouwen tot een goed geheel.¹¹⁹

Rustig doorwerken dus, was het devies van Kekulé, waar zijn vader het van harte mee eens was, en 'bedoord overwegen wat ge op uw' weg ontmoet en leidt tot dien [weg] uwer toekomst'.¹²⁰ Maar dat was iets waar Van 't Hoff zelf geen enkele behoefte aan had. Hij wilde naam maken, en of dat nu met scheikundige ontdekkingen of met zijn gedichten was, dat maakte hem niet uit.

3

Moleculen in drie dimensies

Als een door de goden begenadigde ziener uit de klassieke Oudheid, die een helder beeld had van de voor gewone stervelingen verborgen toekomst, was Van 't Hoff aan het begin van zijn wetenschappelijke loopbaan in staat om diep door te dringen in het binnenste van de natuur, en betrekkingen van grote betekenis te onderscheiden. – Wilhelm Hittorf¹

*Over chemische structuren en theorieën*²

De brochure die de jonge Van 't Hoff op 5 september 1874 publiceerde, bood in niet meer dan twaalf pagina's een oplossing voor een probleem waar de scheikundige wereld tot dan mee had geworsteld. Van 't Hoff beweerde dat moleculen een ruimtelijke structuur hadden en dat dit waarneembare gevolgen had voor hun eigenschappen, iets wat hij direct duidelijk maakte in de titel van zijn werk: *Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuur-formules in de ruimte; benevens een daarmee samenhangende opmerking omtrent het verband tusschen optisch actief vermogen en chemische constitutie van organische verbindingen*.³ Wat bracht hem, jong en onervaren als hij was, tot het schrijven van deze brochure? Hoe kwam hij op het idee? En waarom duurde het zo lang voor zijn *Voorstel* werd opgemerkt? Om op die vragen een antwoord te kunnen geven, moeten we eerst weten hoe de scheikunde er rond 1874 voorstond. En daarvoor moeten we nóg een halve eeuw verder teruggaan in de tijd.

De geschiedenis van de chemie in de negentiende eeuw is eerst en vooral een geschiedenis van de organische chemie. Die term danken we aan de Zweedse scheikundige Jöns Jakob Berzelius, die zich met veel anderen bezighield met het isoleren en analyseren van verbindingen uit planten en dieren. Daarmee was de scheikunde aanvankelijk een vorm van natuurlijke historie, van botanie en zoölogie, het verzamelen en beschrijven van zo veel mogelijk verschillende planten en dieren. Chemici verzamelden en karakteriseerden natuurlijke verbindingen van plantaardige of dierlijke origine, aan de hand van hun kenmerken en eigenschappen: zuren, basen, vetten, kleurstoffen etc. Om verbindingen te kunnen karakteriseren en van elkaar te onderscheiden, was het eerst en vooral noodzakelijk te bepalen in welke verhoudingen de verschillende elementen erin voorkwamen: koolstof (C), waterstof (H), zuurstof (O) en stikstof (N). Dat was een moeizaam proces dat zich voltrok in kleine universiteitslaboratoria, zoals dat van Justus Liebig in Giessen, waar studenten opgeleid werden in het uitvoeren van chemische analyses. Liebig⁴ ontwikkelde hiervoor rond 1830 het zogeheten *Kaliapparat*, dat al snel algemeen toepassing vond: de onbekende stof werd verbrand, en het daarbij vrijkomende

water werd geabsorbeerd met behulp van calciumchloride en het eveneens vrijkomende koolzuurgas werd weggevangen in een oplossing van kaliloog. Deze methode was zo nauwkeurig en betrouwbaar dat ze nog altijd in gebruik is, zij het dan dat tegenwoordig een bunsenbrander wordt gebruikt.

Nadat de Duitse chemicus Friedrich Wöhler er in 1828 als eerste in was geslaagd om uit anorganische grondstoffen ureum te synthetiseren, werd duidelijk dat het mogelijk was om dat soort 'natuurlijke' organische verbindingen zelf te maken en ook chemisch te veranderen. Dat had grote gevolgen voor de scheikunde. Aanvankelijk gingen die syntheses nog moeizaam en leidde elke nieuwe synthese van een organische verbinding – bijvoorbeeld die van melkzuur, waar we later uitgebreid op terugkomen – tot grote opwinding,⁵ maar vanaf 1840 nam het aantal scheikundestudenten toe, kwam er ook vanuit universiteiten steeds meer geld beschikbaar en werden de universiteitslaboratoria almaar groter en professioneler.⁶ Dat leidde tot een ware explosie aan verbindingen, en tegelijkertijd een steeds lastiger probleem om in die veelheid nog enige systematiek te ontdekken. Zo schreef Wöhler aan Berzelius: 'Je zou helemaal gek worden van de organische chemie. Het lijkt wel een tropisch oerwoud, vol van de raarste dingen, een ontzaglijke jungle, zonder uitgang of einde, waarin je je maar beter niet kunt wagen.'⁷ Dat 'oerwoud' was vooral een gevolg van het bestaan van zogenaamde *isomeren*, verbindingen met een identieke samenstelling (bijvoorbeeld evenveel C-, H- en O-atomen), maar met soms totaal verschillende fysische en chemische eigenschappen. Het vermoeden bestond dat isomeren zich onderscheidden door verschillen in de manier waarop de samenstellende atomen met elkaar verbonden waren. Maar hoe de atomen onderling gerangschikt waren, en wat voor gevolgen dat dan weer had voor de eigenschappen van moleculen of het verloop van chemische reacties, was onderwerp van veel discussie. Het zoeken en verklaren van die rangschikkingen zou scheikundigen tot aan de twintigste eeuw in zijn greep houden.

De eerste theorieën en aannames over de bouw van moleculen verschilden al naar gelang de nationaliteit van de betrokken onderzoeker.⁸ Het waren vooral de Duitse chemici die in navolging van Berzelius de structuur van organische verbindingen probeerden te interpreteren, analoog aan die van anorganische verbindingen zoals zouten. Net als in keukenzout een positief geladen natrium- en een negatief geladen chlooratoom door elektrische krachten met elkaar verbonden zijn, zouden twee of meer karakteristieke molecuulgroepen of 'radicalen' op soortgelijke wijze organische verbindingen vormen. Zo werkten Liebig en Wöhler met benzaldehyde, een olieachtige stof uit amandelen, en lieten die reageren met simpele moleculen als zuurstof en chloor. Wat opviel was dat alle gevormde verbindingen een C_7H_5O -kern behielden. Die kern noemden zij het *benzoyl-radicaal*.⁹ Maar al snel kwam de radicaaltheorie in de problemen. Liebig had namelijk in azijnzuur een *acetyl-radicaal* ontdekt, maar zijn Franse collega Dumas ontdekte dat dit C_2H_3O -radicaal bij

een reactie met chloor niet onveranderd bleef, maar een of meer chlooratomen aangemeten kreeg doordat waterstofatomen werden vervangen (gesubstitueerd) door chlooratomen. Dumas merkte echter ook op dat ondanks deze substituties, de gevormde moleculen nog steeds zuur waren, net als azijnzuur. Ze behoorden volgens hem dus nog altijd tot hetzelfde *type*. In Frankrijk ontwikkelde zich op deze manier in navolging van scheikundigen als Dumas, Laurent en Gerhardt een alternatieve theorie waarbij moleculen meer als een geheel werden beschouwd, als behorende tot eenzelfde 'type', waardoor ze zich in chemische reacties hetzelfde gedroegen.¹⁰

Maar ook die theorie liep tegen zijn beperkingen op. Zo waren er moleculen die zich aan welke theorie dan ook leken te onttrekken. Een complicerende factor bij dit alles was dat er ook nog geen overeenstemming of duidelijkheid bestond over de atoomgewichten van elk element. Dat waterstof het lichtste element was, en daarom meestal als atoomgewicht 1 kreeg, werd door niemand betwijfeld. Maar de Engelse chemicus John Dalton, de vader van de atoomtheorie, had aangenomen dat een watermolecuul bestaat uit één waterstof- en één zuurstofatoom. Volgens die aanname was dat ene zuurstofatoom acht keer zo zwaar als het waterstofatoom. Tegenwoordig weten we dat zich in een watermolecuul (H_2O) twee waterstofatomen bevinden, en dat een zuurstofatoom zestien keer zo zwaar is als een waterstofatoom. Dus zolang Daltons wil nog wet was, namen chemici in hun molecuulformules twee keer zoveel zuurstofatomen op. Een soortgelijke onzekerheid bestond er ten aanzien van het atoomgewicht van koolstof. Zo kon het gebeuren dat in sommige artikelen voor een molecuul als alcohol al de moderne schrijfwijze $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ werd gebruikt, terwijl anderen het weergaven met twee keer zoveel C-, H- en O-atomen, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ook hier gold bovendien opnieuw dat de keuze voor een bepaald atoomgewicht vaak landgebonden was.¹¹

Dat veranderde in de loop van de jaren vijftig toen in een 'stille revolutie'¹² zowel de 'radicalen' als de 'typen' het onderspit dolven. Het nieuwe toverwoord werd in de taal der wetenschap van dat moment, *Atomigheit*, of met een moderne term 'valentie'. Basisidee was dat elk atoom van een bepaald element een vast aantal bindingen aan kon gaan met andere atomen. Zuurstof kan twee bindingen aangaan, en heeft een valentie van 2, terwijl koolstof met een valentie van 4 altijd vier bindingen vormt. Als uitkomst van de eerste grote internationale scheikundeconferentie in Karlsruhe in september 1860 kwam er ook meer eenduidigheid over de naamgeving van chemische verbindingen en vooral over atoomgewichten: waterstof bleef het lichtste en had daarmee atoomgewicht 1, maar zuurstof werd 16 en koolstof werd 12.¹³ Deze nieuwe inzichten culmineerden – zij het langzaam, want niet iedereen was bereid zijn favoriete theorie op te geven – in de *structuurtheorie* van de Duitse chemicus August Kekulé, die in de jaren vijftig bij verschillende scheikundigen in Duitsland, Frankrijk en Engeland studeerde en werkte, en daardoor mis-

schien wel bij uitstek in staat was om de verschillende gezichtspunten tot een synthese te brengen. In een periode van twee jaar (1856-1858) publiceerde hij zijn ideeën en definieerde hij het concept van *rationele formules*,¹⁴ waarin de rangschikking van de atomen in een molecuul zoveel mogelijk in overeenstemming was met de manier waarop dat molecuul zich gedroeg in chemische reacties. Informatie over de bouw van moleculen en de rangschikking van de atomen daarin werd immers volledig ontleend aan de manier waarop die moleculen reageerden.¹⁵

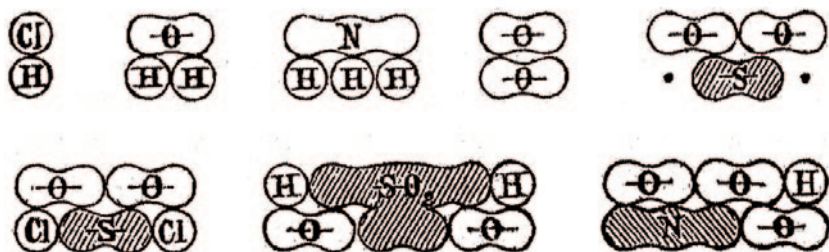
Kekulé's invloed reikte ver, en dat was met name te danken aan zijn *Lehrbuch der organischen Chemie*, dat in zes afleveringen van elk 240 (!) pagina's tussen 1859 en 1866 werd gepubliceerd. Daarin liet hij zien dat het met koolstofketens als basis mogelijk was om op een simpele en elegante manier orde te scheppen in de wirwar van mogelijke structuren. Een mooi voorbeeld daarvan was de manier waarop hij negentien op dat moment gebruikte formules voor azijnzuur in een klap overbodig maakte met een enkele rationale formule, die we nu nog gebruiken. Hoewel hij velen voor zijn structuurtheorie wist te winnen, bleef het een verwarrende periode waarin een nieuwe generatie chemici vol spanning en enthousiasme uitkeek naar steeds weer nieuwe ontdekkingen en ideeën, terwijl een oude garde wanhopig probeerde de veranderingen bij te houden. Een Duitse vriend en collega van Kekulé uit Londen schreef hem in 1868: 'Het is vandaag de dag verduiveld lastig om in de chemie te werken, je bent er nooit zeker van niet door anderen overrompeld te worden.'¹⁶ Leidsman van die oudere generatie was een student van Wöhler en Bunsen, Hermann Kolbe. Hij bleef koppig vasthouden aan zijn eigen ideeën en had daar in het door hem geleide *Journal für praktische Chemie* ook een prachtig platform voor. Zijn grote bezwaar was dat in Kekulé's theorie de ketens die de basis vormden van elke organische verbinding waren opgebouwd uit in principe *equivalente* koolstofatomen. Hij zelf hield juist vol dat er in elk molecuul één koolstofatoom aan te wijzen was waar alle andere atomen van afhankelijk waren – elk molecuul had naar zijn mening een *hiërarchische* structuur.

Bovendien vond Kolbe dat Kekulé veel te ver ging toen deze een grafische manier introduceerde om de structuurformule van een molecuul weer te geven. Elk element werd verbeeld door een aantal bolletjes op een rijtje, al naar gelang zijn valentie: vier voor koolstof, twee voor zuurstof etc. Atomen die met elkaar verbonden waren, stonden in twee aparte horizontale rijen tegen elkaar aan. Dat soort 'molecuulformules' maakte het volgens Kolbe allemaal veel te simpel. Vooral jonge scheikundigen zouden het risico lopen zich te verliezen in dat soort plaatjes en daarmee geen goed begrip van moleculen krijgen:

Ik beschouw het altijd als een bedenkelijk en verdacht teken als een theorie moeilijke vragen zo makkelijk beantwoordt, dat heel jonge, onervaren

chemici daarover kunnen meepraten en oordelen. De meer ervaren chemicus weet en heeft al honderdmaal zelf aan den lijve ondervonden, dat de natuur zich haar geheimen niet zo eenvoudig laat ontfutselen.¹⁷

Structuurformules waren het product van een al te actieve verbeelding en daarom zelfs gevaarlijk.¹⁸ Kolbe zou dit standpunt tot aan zijn dood blijven verdedigen. En zoals we later zullen zien, zou ook de jonge Van 't Hoff nog merken wat er gebeurde als je in Kolbes ogen je verbeelding te veel de vrije loop liet...



Door Kekulé geïntroduceerde grafische weergave van structuurformules van moleculen. Het aantal bolletjes van elk element geeft de valentie aan. Afgebeeld zijn zoutzuur (HCl), water (H₂O), ammoniak (NH₃), zuurstof (O₂), zwaveldioxide (SO₂), sulfurylchloride (SO₂Cl₂), zwavelzuur (H₂SO₄) en salpeterzuur (HNO₃) (uit: August Kekulé's Lehrbuch der organischen Chemie, 1859).

Hoewel velen Kekulé's structuurformules overnamen, ontwikkelden anderen zoals de Oostenrijkse scheikundige Joseph Loschmidt of zijn Engelse collega Alexander Crum Brown eigen versies.¹⁹ Er bestond blijkbaar een grote behoefte om de moleculaire wereld te *visualiseren*. Het gebruik van structuurformules en modellen was daarbij een bijkans onmisbaar hulpmiddel. Het is in dit verband wel belangrijk te benadrukken dat geen enkele scheikundige geloofde dat structuurformules daadwerkelijk lieten zien hoe een molecuul in elkaar stak, laat staan dat ze de *posities* weergaven van de atomen in een molecuul. Nee, ze dienden uitsluitend om de *chemische eigenschappen* van een molecuul te beschrijven. Toen Kekulé's Franse collega en goede vriend Adolphe Wurtz in 1859 een groot overzichtsartikel publiceerde over glycol, gaf hij de 'moderne' formule HO-CH₂-CH₂-OH, maar schreef daar expliciet bij dat die formule alleen maar liet zien dat de twee waterstofatomen aan de uiteinden andere eigenschappen hadden dan de vier waterstofatomen in het midden. Je zou kunnen zeggen dat de atomen als het ware op de juiste 'chemische posities' zaten. Voor Kekulé was zelfs de structuur van het benzeen die hij in 1865 introduceerde – een ring van zes koolstofatomen, elk verbonden met een enkel waterstofatoom – slechts één van de vele moge-

lijke structuren die in overeenstemming waren met het gegeven dat de zes waterstofatomen chemisch equivalent waren. Hij vermeed ook zorgvuldig om in zijn eigen publicaties structuurformules weer te geven, ofschoon hij, puur als didactisch hulpmiddel, tijdens zijn colleges in Gent en daarna in Bonn wel degelijk modellen gebruikte. Hij was ook niet de eerste die dat deed. Zijn collega Wilhelm von Hofmann toonde in 1865 tijdens een lezing voor de Royal Institution in Londen zijn molecuulmodellen: houten balletjes die met koperen staafjes aan elkaar verbonden waren.²⁰ Dergelijke modellen waren echter niet ruimtelijk: alle atomen lagen in hetzelfde vlak. Populair waren ze wel: al snel waren ze ook gewoon in winkels te verkrijgen.



Door Kekulé gebruikte modellen tijdens zijn aanstelling aan de Universiteit in Gent. Links het 'wormmodel', rechts het 'balletje-en-staafjesmodel', beide van het benzeenmolecuul. Rechts zijn op de voorgrond drie methylgroepen (CH_3) te herkennen, die duidelijk een tetraëdrische structuur hebben.

Wislicenus en het melkzuur

Ook de Duitse scheikundige Johannes Wislicenus had tijdens zijn studie al geprobeerd de radicaaltheorie en de typetheorie met elkaar te verzoenen zonder daar overigens erg goed in te slagen. Om zelf beter inzicht te krijgen in de structuur van moleculen had hij zich op een lastig molecuul gestort, dat in geen van beide theorieën goed te vangen was: het melkzuur. Dat was voor het eerst aan het eind van de achttiende eeuw geïsoleerd uit zure melk, en later ook uit spierweefsel, waar het verantwoordelijk is voor de verzuring tijdens een inspanning. Groten als Wurtz en Kolbe hadden in de jaren vijftig geprobeerd om het melkzuur te karakteriseren binnen de typetheorie of de radicaaltheorie. Tevergeefs: melkzuur was niet te vangen, omdat het zich in sommige reacties gedroeg als een alcohol en in andere juist als een (carbon)-

zuur. Begin 1860 was Wislicenus (net als Kekulé overigens) tot die conclusie gekomen. Dat betekende echter niet dat hij het raadsel als opgelost beschouwde: het zou hem nog zo'n vijftien jaar bezighouden totdat de jonge Van 't Hoff zijn ideeën publiceerde. Wat het namelijk allemaal nog ingewikkelder maakte, was dat verschillende chemici, onder wie Wislicenus zelf, op verschillende manieren en uitgaande van verschillende uitgangsstoffen melkzuur synthetiseerden en dat bovendien geen enkele synthese één duidelijke, zuivere verbinding opleverde. Daarmee nam de onzekerheid over de chemische structuur ervan alleen maar toe. Sterker nog, er leken verschillende soorten melkzuur te bestaan.²¹ Zo ontdekte Wislicenus dat het melkzuur dat uit spierweefsel werd gewonnen *optisch actief* was.

Wanneer gepolariseerd licht door een oplossing van een optisch actieve verbinding gaat (een bekend voorbeeld is suiker), draait het polarisatievlak van het licht. Zo kennen we linksdraaiend en rechtsdraaiend melkzuur. Waarom die draaiing alleen bij bepaalde moleculen optreedt, was op dat moment onbekend, maar optische activiteit was een van de manieren om moleculen te karakteriseren. Wislicenus' belangrijkste voorganger op dit gebied was Louis Pasteur, die aan het eind van de jaren veertig in Parijs onderzoek had gedaan aan *wijnsteenzuur*, een vast residu dat overblijft bij de productie van wijn. Het was in 1769 ontdekt door de Zweedse chemicus Scheele, maar vijftig jaar later werd een sterk op wijnsteenzuur lijkende stof gevonden, waarvan werd aangenomen dat het een *isomeer* van wijnsteenzuur was, een verbinding met dezelfde samenstelling maar met een andere molecuulstructuur en dus andere eigenschappen. Zouten afgeleid van beide zuren (zogeheten *tartraten*) vormden kristallen, maar alleen die van het eerst ontdekte wijnsteenzuur waren optisch actief. In 1848, toen hij nog maar aan het begin van zijn carrière als wetenschapper stond, ontdekte Pasteur dat de kristallen van het later ontdekte, niet actieve tartraat in twee asymmetrische vormen voorkwamen, die sterk op elkaar leken, maar elkaars spiegelbeeld waren, net als een linker en een rechter handschoen dat zijn. Met eindeloos veel geduld scheidde hij kristallen van elk van beide soorten en loste deze apart van elkaar weer op. Tot zijn verbazing draaide de ene oplossing het polarisatievlak van licht naar links, terwijl de andere juist rechtsdraaiend was. Een oplossing met daarin evenveel van elk van beide kristallen bleek optisch inactief.²²

Pasteur concludeerde dat wijnsteenzuur uit twee verschillende, asymmetrische (spiegelbeeldige) moleculen moest bestaan; die chemisch exact hetzelfde waren, en alleen *optisch* van elkaar waren te onderscheiden. Hij speculeerde ook al over de onderliggende oorzaak van dit verschijnsel: de atomen in het molecuul wijnsteenzuur moesten op een of andere manier asymmetrisch gerangschikt zijn, zodat de resulterende linksdraaiende structuur het spiegelbeeld was van de rechtsdraaiende.²³ Achteraf kun je concluderen dat Pasteurs ontdekking te vroeg kwam. In een tijd dat er nog niet eens overeen-

stemming was over atoomgewichten en het dus onduidelijk was hoeveel atomen van welke soort er eigenlijk in een molecuul zaten, was het onrealistisch te verwachten dat iemand serieus over de ruimtelijke rangschikking van atomen in een molecuul nadacht en daar iets mee deed. Bovendien hebben we eerder gezien dat het, zelfs nadat er wél duidelijkheid was gekomen over de samenstelling en structuur van moleculen, lang niet algemeen geaccepteerd was om een structuurformule te beschouwen als de feitelijke ruimtelijke rangschikking van atomen: die gaf immers alleen de *chemische* positie van atomen weer.



De Duitse chemicus Johannes Wislicenus (1835-1902), die Van 't Hoff in het begin van diens loopbaan steunde door een Duitse vertaling te laten maken van La chimie dans l'espace. De foto dateert van rond 1865.

Intussen wist Wislicenus nog steeds niet goed wat hij met de optische activiteit van het melkzuur aan moest, laat staan met de vraag wat melkzuur nu eigenlijk voor molecuul was. Vanaf 1863 liet hij het melkzuurprobleem een paar jaar liggen. Zijn studenten en administratieve taken namen hem zózeer in beslag dat hij maar weinig tijd voor onderzoek kon vrijmaken. In 1869 pakte hij de draad weer op en in september van dat jaar kwam hij in een lezing voor de Naturforscherversammlung in Innsbruck met een gewaagde hypothese: de door hem gevonden verschillen tussen de melkzuren waren wellicht te begrijpen vanuit de 'ruimtelijke voorstelling van de groepering van de atomen'.²⁴ Daarmee lijkt hij regelrecht vooruit te lopen op de ontdekking van Van 't Hoff.²⁵ Het is echter onwaarschijnlijk dat Wislicenus daadwerkelijk ooit in termen van ruimtelijke rangschikking der atomen binnen het melkzuurmolecuul heeft gedacht. Uit andere artikelen blijkt namelijk dat hij eerder vermoedde dat in de optisch actieve verbinding de atomen wellicht niet de dichtst mogelijk pakking aannemen en sprak hij over een nieuwe vorm van isomerie, 'geometrische isomerie'. Om daar meer over aan de weet te komen,

kondigde hij aan dichtheidsmetingen te gaan doen.²⁶ Maar die waren blijkbaar vruchteloos, want hij zou er nooit meer op terugkomen. Uiteindelijk zette hij in 1873 in drie lange artikelen in de *Annalen* 'in confusing detail'²⁷ alles uiteen wat tot dan toe bekend was over het melkzuur en probeerde hij op grond daarvan een coherent beeld te schetsen.²⁸ Zijn grootste probleem was dat het inzicht in de fysieke posities van atomen in een molecuul, dat wil zeggen van een structuurformule als een daadwerkelijke weergave van de moleculaire realiteit, nog niet had postgevat. Voor dat inzicht was een jonge scheikundige uit Utrecht nodig.

De aanloop naar het Voorstel

Terug dus naar Van 't Hoff. Hij had voor zijn doctoraalexamen eind 1873 van de hoogleraar scheikunde Van Kerckhoff een lastige, maar belangrijke vraag opgekregen: 'Geef een overzicht van de soorten van isomerie en van de verklaringen, daarvan voorgesteld.'²⁹ Om deze vraag te kunnen beantwoorden was Van 't Hoff de bibliotheek ingedoken. In een rede die hij veel later uitsprak bij de opening van het nieuwe, naar hem genoemde laboratorium in Utrecht in 1904, vertelde hij aan studenten hoe het idee van het asymmetrisch koolstofatoom hem indertijd was ingevallen tijdens een wandelingetje in de Utrechtse binnenstad. Volgens Alan Rocke had hij die ochtend in de bibliotheek 'de net verschenen verhandeling van Wislicenus' bestudeerd. Rocke neemt aan dat Van 't Hoff hiermee doelde op een van de drie overzichtsartikelen van 1873.³⁰ En inderdaad was het tweede daarvan begin april 1873 bij de redactie van het tijdschrift *Annalen* ingediend. Het was dus op zich goed mogelijk dat de betreffende uitgave van het tijdschrift op dat moment al beschikbaar was in de Utrechtse universiteitsbibliotheek. Probleem met deze interpretatie is dat Van 't Hoff in zijn rede van 1904 het helemaal niet had over de 'net verschenen' verhandeling van Wislicenus. Voor die rede bestaan namelijk twee bronnen, beide afkomstig van Van 't Hoff's naaste medewerker Ernst Cohen. In geen van beide wordt de letterlijke tekst van Van 't Hoff weergegeven, maar wordt de inhoud van diens toespraak geparafraseerd. In het *Chemisch Weekblad* van mei 1904 valt te lezen: 'Hij had destijds, de verhandeling van Wislicenus over de melkzuren [...] bestudeerende, de lezing halverwege gestaakt om wat te gaan wandelen,'³¹ terwijl in Cohens Van 't Hoff-biografie te lezen valt: 'Toen ik dan ook destijds de verhandeling van Wislicenus over de melkzuren in de Utrechtse bibliotheek bestudeerde...'³²

Het is dus geenszins zeker dat Van 't Hoff de artikelen uit 1873 bedoelde. Maar welke dan wel? Zoals we al eerder zagen heeft Wislicenus zo'n vijftien jaar aan het melkzuurprobleem gewerkt, en zijn bevindingen neergelegd in tal van artikelen. Gelukkig heeft Van 't Hoff nóg een keer iets losgelaten over de achtergrond van zijn ontdekking. Hij deed dat in een inleiding bij de tweede editie van de Duitse 'vertaling' van zijn brochure, *Die Lagerung der Atome*

im Raume uit 1894: ‘Bij mij was het idee het jaar daarvoor al in Utrecht opgekomen toen ik de verhandeling van Wislicenus over de melkzuren las.’³³ En daar vermeldt hij ook de zin van Wislicenus die in zijn gedachten was blijven hangen:

Die Thatsachen zwingen dazu, die Verschiedenheit isomerer Moleküle von gleicher Strukturformel durch verschiedene Lagerung ihre Atome im Raume zu erklären.

In de genoemde *Inleiding* geeft hij toe dat hij de bron van het citaat had proberen te vinden, maar daar niet in was geslaagd. Daar was echter een reden voor. De zin komt namelijk helemaal niet voor in een door Wislicenus geschreven artikel. We kwamen eerder een soortgelijke uitspraak van hem tegen, die in Innsbruck uit zijn mond was opgetekend door Kekulé. Wislicenus gaf dat jaar echter *nóg* een lezing en wel aan de Universiteit van Zürich, waar hij op dat moment werkzaam was. Die bijeenkomst was beschreven door een toenmalige student, en verscheen ook in de *Berichte*. In dat verslag is de betreffende zin *wél* terug te vinden.³⁴

Na zijn doctoraalexamen was Van 't Hoff naar Parijs vertrokken om in juli 1874 weer in Utrecht terug te keren – de eerste brief van vader waaruit dat blijkt dateert van 10 juli – en daar de laatste hand te leggen aan zijn proefschrift.³⁵ In het vrij primitieve, voormalige universiteitslaboratorium van Eduard Mulder op 't Hoogt wilde hij nog wat aanvullende experimenten doen.³⁶ Een interessante vraag is nu wat hem ertoe heeft bewogen om nog *vóórdat* zijn proefschrift af was het *Voorstel* te schrijven en te publiceren. Allereerst moet je je dan afvragen waarom hij het *Voorstel* niet als proefschrift heeft ingediend. Als hij dat had gedaan en het zou afgewezen zijn, dan ligt het voor de hand dat hij daar later nog wel eens op teruggekomen zou zijn. Omdat dat niet is gebeurd, heeft hij waarschijnlijk zelf ingezien dat een standaardproefschrift over een betrekkelijk doorsneeonderwerp hem een veel grotere kans bood de doctorstitel te verwerven. In dit verband is er een interessante parallel met zijn latere boezemvriend, de Zweedse scheikundige Svante Arrhenius. Zoals we namelijk in hoofdstuk 7 zullen zien had deze zijn allereerste ideeën over elektrolytische dissociatie *wél* als proefschrift ingediend, en zich daarmee enorm veel problemen op de hals gehaald.

Arrhenius' hoogleraren beoordeelden zijn conclusies als uiterst speculatief en te weinig onderbouwd door experimentele resultaten. Weliswaar doorstond hij met de hakken over de sloot de verdediging, maar de grootste teleurstelling kwam toen de twee hoogleraren met wie hij het innigst had samengewerkt hem weigerden geluk te wensen bij de ceremonie en daarmee dus openlijk afstand namen van zijn werk.³⁷ Het zou heel goed kunnen dat Van 't Hoff veel beter dan Arrhenius doorhad wat voor uitwerking zijn ideeën over

het asymmetrisch koolstofatoom op de promotiecommissie van de Utrechtse universiteit zouden hebben gehad. Vooral zijn promotor Eduard Mulder had een afkeer van speculatieve theorie én van wiskunde. Toch was een proefschrift over het asymmetrisch koolstofatoom niet geheel ondenkbaar geweest. Dat toonde zijn vriend en medestudent in Utrecht Gustav Bremer aan toen hij een jaar later ook bij Mulder promoveerde op een proefschrift waarin de synthese van een rechtsdraaiend appelzuur werd beschreven, een molecuul dat door Van 't Hoff's theorie werd voorspeld.³⁸ Zoals we in het volgende hoofdstuk zullen zien, had Van 't Hoff Bremer bij zijn onderzoek begeleid en geholpen bij de interpretatie van zijn resultaten. Maar in tegenstelling tot het *Voorstel* behandelde Bremers proefschrift een aantal nieuwe syntheses en bevatte het geen vergaande speculaties.

Als we vervolgens eens nader kijken naar de vorm waarin Van 't Hoff zijn *Voorstel* gegoten heeft, dan valt allereerst het volledig ontbreken van literatuurverwijzingen op. Verder is de naam van de auteur niet op de titelpagina te vinden, maar helemaal aan het eind. Dat zou kunnen duiden op een zekere weerzin al te nauw met de denkbeelden te worden geïdentificeerd.³⁹ Wat verder opvalt is de slordige, wat gewrongen stijl, met lange, gekunstelde zinnen die op schijnbaar willekeurige wijze aaneen zijn gevlochten met komma's en puntkomma's. Alleen al de lange titel is daar een mooie illustratie van. Ook Cohen wijst op de *Dürftigkeit* (gebrekkigheid) van stijl.⁴⁰ Daardoor is de tekst, zelfs voor een lezer met Nederlands als moedertaal, hier en daar lastig te lezen: een goede redacteur zou geen overbodige luxe zijn geweest.⁴¹ Dat hij wel degelijk wist hoe je een behoorlijk wetenschappelijk artikel moest schrijven, staat buiten kijf. Zijn eerste artikel was een jaar eerder verschenen en in de resterende maanden van 1874 voegde hij daar nog drie andere aan toe – al is het mogelijk dat bij het schrijven daarvan zijn promotor Eduard Mulder hem heeft bijgestaan. Van 't Hoff zal zich echter hebben gerealiseerd dat een artikel over een asymmetrisch koolstofatoom waarschijnlijk bij elk tijdschrift geweigerd zou zijn: hij was immers nog een volslagen onbekend scheikundige en zijn theorie was controversieel. En als hij Mulder om raad had gevraagd, zou het wellicht nooit tot publicatie zijn gekomen. Mulder zou namelijk zijn hele verdere leven blijven beweren dat Van 't Hoff het asymmetrisch koolstofatoom nooit zelf kon hebben verzonnen. Ook de Groningse hoogleraar scheikunde Tjaden Modderman, die waarschijnlijk via zijn broer⁴² in het bezit was gekomen van een exemplaar van het *Voorstel*, 'zou hem [...] uitgave ontraden hebben, tot tijd en wijle dat hij met proeven zijn beweringen kon staven'.⁴³ In dat licht bezien lijkt het *Voorstel* een volstrekte eenmansactie te zijn geweest: hij behield zelf volledig de controle over de tekst, kon het ook snel laten verschijnen en daarmee prioriteit claimen.⁴⁴

Om meer te weten te komen over de periode in Van 't Hoff's leven direct voorafgaand aan de publicatie van het *Voorstel*, kunnen we opnieuw niet af-

gaan op brieven of aantekeningen van zijn hand – die zijn immers door zijn moeder vernietigd – en moeten we derhalve weer een beroep doen op de brieven die zijn ouders aan hém hebben gestuurd. Die tonen aan dat hij in de zomer van 1874, na terugkeer uit Parijs, een moeilijke periode doormaakte. Dat kwam vooral doordat hij zich zorgen maakte over zijn toekomst, want hij had nog geen enkel uitzicht op een baan. Tegenover zijn ouders beklaagde hij zich over ‘het vergeefs solliciteren’⁴⁵ en twee dagen later was er zelfs sprake van ‘een verdwijning in de richting van Albion’, dat zich volgens zijn vader ‘zeker op den tooverstaf van Bulkeley niet voor U ontplooiën zal’.⁴⁶ Blijkbaar wilde hij naar Engeland om daar contact te zoeken met de door hem zeer bewonderde Engelse dichter Henry John Bulkeley. Zijn ouders deden er alles aan om hem van dat voornemen af te brengen en zijn vader herinnerde hem aan de afspraak die ze indertijd hadden gemaakt:

Van Delft gingt ge naar Leiden om er te studeren – dus een andere rigting te gaan dan zich aan de studie te Delft verbond; ik deed dat zelfs tegen den zin van Moe omdat ik begreep dat tegenstand U knoeijen kon, maar ik eischte van U dat ge dan ook daarmee zoudt doorgaan en dat acheveeren.⁴⁷

Ook schreef zijn vader hem over een ontmoeting met de Leidse hoogleraar wiskunde Bierens de Haan, die zijn zoon had aangeraden te solliciteren naar een assistentschap in Leiden.⁴⁸ Daar hadden begin 1874 twee nieuwe hoogleraren, Franchimont en Van Bemmelen, het roer overgenomen van hun leermeester Van der Boon Mesch. Beiden hadden inmiddels hun oratie gehouden,⁴⁹ en waren volop bezig een eigen laboratorium op te zetten. Bierens de Haan verwees met name naar de mogelijkheid van een assistentschap bij Franchimont, omdat deze immers ook bij Kekulé en Wurtz had gewerkt. Zo’n assistentschap vormde voor vele latere hoogleraren een mooie eerste stap in een wetenschappelijke carrière en bood zo een aantrekkelijk vooruitzicht. Ook zijn vader was die mening toegedaan: ‘Zou het niet beter zijn om eens regel regt aan Pr. Franchimont te schrijven over die zaak en zou dat niet in elk geval kans geven vruchtbaarder te zijn dan de tusschenkomst van Bulkeley waarvan gij schrijft?’⁵⁰

Van ’t Hoff solliciteerde inderdaad, alleen niet bij Franchimont, maar bij Van Bemmelen. Dat lijkt onlogisch, omdat zijn onderzoek tot dan toe duidelijk op het gebied van de organische chemie had gelegen. Een mogelijke reden was dat hij wellicht zijn kansen bij Franchimont niet erg hoog inschatte. Dat had alles te maken met hun beider verblijf in Bonn. Waar Franchimont op Kekulé een zeer goede indruk had gemaakt en het al snel tot diens privé-assistent had geschopt, had Van ’t Hoff geweigerd om werk voor Kekulé op te knappen, waardoor de relatie behoorlijk bekoeld was en hij er tegen het eind van zijn verblijf in Bonn niet eens zeker van was überhaupt nog een getuig-

schrift of aanbeveling te ontvangen. Of Franchimont daarvan heeft geweten is onbelangrijk. Zeer waarschijnlijk had hij Kekulé wel om advies gevraagd, als Van 't Hoff zou hebben gesolliciteerd. Het lijkt dan ook een juiste inschatting te zijn geweest om dat niet te doen.⁵¹ Dat de relatie tussen Van 't Hoff en Franchimont niet erg goed was, zullen we later nog zien, want het was Franchimont die in 1881 zijn verkiezing tot lid van de Akademie van Wetenschappen blokkeerde.⁵² En het jaar daarna hield Franchimont hem ook buiten de redactie van het nieuwe opgerichte tijdschrift *Recueil*.⁵³

In zijn sollicitatiebrief, die hij na een eerste bezoek aan Van Bemmelen schreef, zette Van 't Hoff een aantal resultaten uiteen die hij in de maanden daarvoor had behaald en die hij ook in zijn proefschrift zou beschrijven. Hij deed dat 'in de hoop, dat het iets bijdragen kan tot de verkrijging der assistentsbetrekking, die mij, hoeveel drukte er ook aan verbonden mag zijn, zoo bijzonder toelacht'.⁵⁴ De brief is helaas niet gedateerd. In een ps schreef hij klaar te zijn met zijn dissertatie en 'zoo nodig binnen eenige weken te kunnen promoveren', maar dat was zeker wat al te optimistisch, omdat hij in dezelfde brief ook een aantal experimenten noemde die hij op het moment van schrijven nog moest doen, terwijl de resultaten daarvan wel degelijk in het proefschrift beschreven zijn. Een volgende aanwijzing voor de datering van Van 't Hoffs brief is een begroting die Van Bemmelen maakte van de kosten die dat jaar met zijn onderzoek gemoeid zouden zijn. Ook die was weliswaar niet gedateerd, maar de eerste post voor 1874 was een amanuensis die per 1 september zou moeten worden benoemd. Van Bemmelen had dus waarschijnlijk helemaal niet de intentie noch het budget om een assistent aan te stellen. Hij zou dat ook pas veel later, in augustus 1878 doen in de persoon van Hendrik Bakhuis Roozeboom.

Het bovenstaande in acht nemend, lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat Van 't Hoffs sollicitatiebrief in juli is verstuurd, en dat hij begin augustus moet hebben gehoord dat hij geen assistent zou worden in Leiden. Dat klopt met een brief van zijn moeder van 10 augustus waaruit blijkt dat een sollicitatie op niets was uitgelopen: 'Ik had gewenscht, dat gij die betrekking hadt kunnen vervullen, omdat ik maar al te zeer vrees, dat gij steunsels van buiten nodig hebt, en niet aan eigen persoonlijkheid kracht kunt ontleenen, want met u vraag ik: wat zal het nu?' De brief van moeder zal Van 't Hoff niet tot veel steun zijn geweest, omdat ze in een lange litanie haar teleurstelling uitspreekt over haar zoon:

O! als men mij dit had voorspeld toen ik u naar Delft zag gaan – als men toen had gezegd, hoe ik nu op mijn' leeftijd, tegen over u zou staan, bestand tegen zoo veel als gij ons ondervinden deelt!! waar bid ik u! Henri, zijn de indrukken uwer jeugd? van waar was het dat gij speelt met achting en eerbied en gehechtheid!⁵⁵

Een van de redenen dat zijn moeder zo emotioneel reageerde, was dat zij Van 't Hoff van jongs af aan tot voorbeeld had gesteld voor zijn drie jongere broers. Met name Jacob, die drie jaar jonger was, was in deze tijd geneigd het voorbeeld van zijn oudere broer te volgen, en gaf uiting aan een zucht naar vrijheid, weg van de ouders. Die hadden dan ook het liefst gezien dat hun oudste zoon, na terugkeer uit Parijs, bij hen in Rotterdam was komen wonen. Zijn moeder had zijn kamer al ingericht. Van 't Hoff moest vooral het goede voorbeeld geven, zijn studie afmaken (met een promotie) en dus zeker niet naar Engeland en Bulkeley vertrekken. Zijn vader maakte hem dat op een kalme, positieve manier duidelijk: 'Voor Jacob en Johan zal Uw thuisblijven voor eerst een groot avantage zijn en bedenck wel dat de schoonste lauweren die zijn welke de overtuiging aanbrengt een goede zaak te hebben gedaan ook dan als zij niet vermeld of geboekt is in de Diction[naire] de science chimiq[ue].'⁵⁶ In een volgende brief schreef hij zelfs dat zijn zoon altijd zelf moest weten wat hij wilde: 'Dit geldt elke wenk of aanwijzing die U van ons krijgt.'⁵⁷ Maar zijn moeder, die nu eenmaal veel emotioneler was, hield er een andere mening op na: '[Uw] eigen studie [geeft] niet wat wij daarvan wachtten; somber zie ik uwe toekomst in, somber die van Jacob!'⁵⁸

Dat de woorden van zijn ouders hun uitwerking op het gemoed van de jonge Van 't Hoff niet misten, blijkt uit een iets latere brief van moeder, waarin ze zijn antwoord aanhaalt: 'Gij spreekt van een' afgrond, en ik stel mij voor, dat gij aan den rand daarvan staat.'⁵⁹ Hoezeer deze periode er bij Van 't Hoff in moet hebben gehakt, valt ook te lezen in een passage in een brief die hij veel later, in 1887, aan zijn vrouw stuurde:

Ben ik [...] niet systematisch uitgesloten, tot ook zelfs voor de assistents-betrekking bij van Bemmelen en Mulder, die Bremer kreeg?⁶⁰ Heb ik toen niet in een gevoel van duistere rampzaligheid klaargestaan met stil bij elkaar gescharrelde plunje en 12 gulden om per Keulenaar⁶¹ een ander Vaderland te zoeken? Heb ik daarna niet op een zolderkamertje van 3 kubiekmeter te Utrecht moeten leven met spoorstudenten en geelzucht?⁶²

Zo zat de jonge Henry van 't Hoff dus half augustus 1874 in zijn eentje in Utrecht. Somber gestemd over zijn toekomst en onzeker over hoe het verder moest na zijn studie. In die toestand moet hij hebben besloten de pen op te pakken, en als in een vlucht vooruit, zijn revolutionaire ideeën op papier te zetten. In twee weken tijd zette hij zijn hypothese uiteen, droeg er bewijzen voor aan, maakte een blad met diagrammen en tekeningen, en liet alles drukken bij een plaatselijke boekhandelaar, J. Greven op de Ganzenmarkt in Utrecht, een paar minuten lopen van zijn kamer.

VOORSTEL TOT UITBREIDING
DER TEGENWOORDIG IN DE SCHEIKUNDE GEBRUIKTE
STRUCTUUR-FORMULES
IN DE RUIMTE;
BENEVENS EEN DAARMEË SAMENHANGENDE OPMERKING
OMTRENT HET VERBAND
TUSSCHEN
OPTISCH ACTIEF VERMOGEN
EN
CHEMISCHE CONSTITUTIE
VAN
ORGANISCHE VERBINDINGEN.

— — — — —
UTRECHT. — J. GREVEN. — 1874.

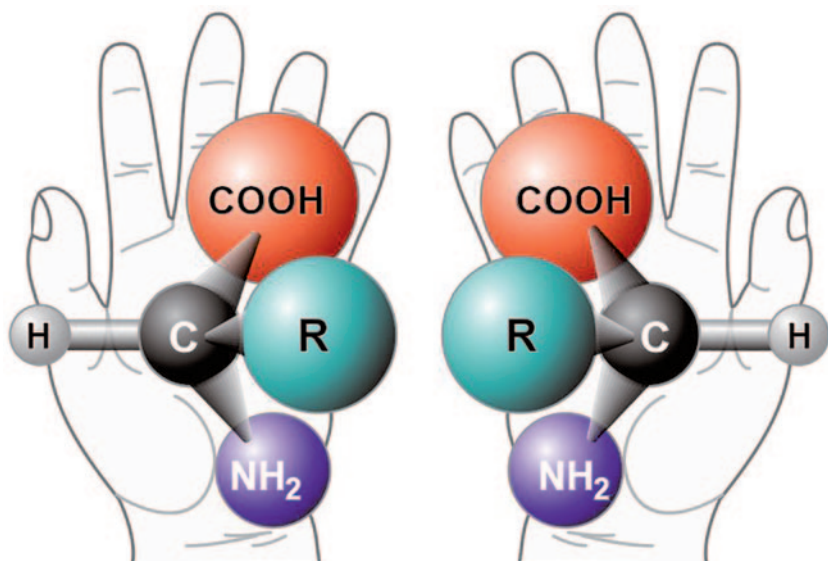
De inhoud van het Voorstel

Door de theorie van Kekulé zong het idee van het tetraëdrisch koolstofatoom al rond in de chemische wereld, een koolstofatoom verbonden met vier andere atomen op de hoekpunten van een piramide.⁶³ Van 't Hoff had zeker in Bonn de demonstratiemodellen gezien die Kekulé bij zijn colleges gebruikte: houten balletjes met vier messing staafjes gericht naar de hoekpunten van een tetraëder.⁶⁴ Het is misschien goed hier op te merken dat Kekulé dit alleen deed in zijn onderwijs en dat hij in geen van zijn artikelen of boeken ooit een tetraëder als molecuulmodel heeft afgebeeld.⁶⁵ Deze ruimtelijke modellen zijn ongetwijfeld een inspiratiebron geweest voor de tekeningen in het *Voorstel*. Maar ten opzichte van de toenmalige stand der kennis zette Van 't Hoff op twee punten een fundamentele stap vooruit. Allereerst wees hij voor *sommige* moleculen op het verband tussen die tetraëdrische rangschikking en hun optische activiteit, en misschien nog wel belangrijker, hij beschouwde als eerste de tetraëder als een daadwerkelijke, *ruimtelijke* structuur rond een centraal koolstofatoom. Die stap was essentieel om sommige gevallen van isomerie te verklaren, die zich tot dat moment aan ieder begrip hadden onttrokken. Dat was volgens hem te wijten 'aan het ontbreken eener meer bepaalde uitspraak omtrent de werkelijke ligging der atomen'. Toch was zijn doel bescheiden. Hij wilde de discussie op gang brengen, 'als voorlopige meêdeeling zij mij vergund eenige gedachten te vermelden, waarvan de uiting tot bespreking leiden kan; mij die ten nutte te maken, en zoo aan de eersten meer bepaaldheid en uitbreiding te geven.'⁶⁶

Van 't Hoff ging in het *Voorstel* systematisch te werk. Als je aanneemt dat de atomen in een plat vlak liggen, zo begon hij, dan zou een molecuul als CH_2Cl_2 twee verschillende isomeren moeten hebben: eentje waarbij de chlooratomen naast elkaar en eentje waar ze tegenover elkaar zitten. Omdat die twee verschillende isomeren nooit waren waargenomen, was een andere aanname noodzakelijk:

namelijk die, de affiniteiten van het koolstofatoom naar de hoekpunten eens tetraëders gericht te denken, waarvan dat atoom zelf het middelpunt is.⁶⁷

In dat geval is er maar één enkele structuur voor CH_2Cl_2 mogelijk. Vervolgens voerde hij de redenering verder en wees erop dat een koolstofatoom dat met vier *verschillende* groepen verbonden is, wél twee isomeren heeft, die bovendien elkaars spiegelbeeld zijn. Tegenwoordig noemen we dit chirale moleculen, naar het Griekse woord voor hand (χείρ). Immers ook een linker- en een rechterhand zijn elkaars spiegelbeeld en daarom niet identiek. Van 't Hoff noemde een koolstofatoom met vier verschillende zijgroepen *asymmetrisch* en stelde dat de optische activiteit van een molecuul het resultaat was van de



Chirale moleculen bevatten een asymmetrisch koolstofatoom en zijn elkaars spiegelbeeld.

aanwezigheid van zo'n asymmetrisch koolstofatoom. Hij onderbouwde die conclusie op grond van een lange reeks optisch actieve moleculen, die allemaal een asymmetrisch koolstofatoom bezaten. Het zal niet verbazen dat het eerstgenoemde het melkzuur was. Verder gaf hij een reeks voorbeelden van moleculen waarvan de optische activiteit verdween als een oorspronkelijk asymmetrisch koolstofatoom na een reactie niet langer asymmetrisch was.

Ongetwijfeld, zo ging hij verder, zullen er ook moleculen te vinden zijn met een asymmetrisch koolstofatoom, die *niet* optisch actief zijn of lijken te zijn. Hij suggereerde dat in zo'n geval bekeken moest worden of de gemeten oplossing niet bestond uit een mengsel van twee moleculen, de een rechtsdraaiend, de ander linksdraaiend. Ook zou de concentratie van de moleculen in oplossing te laag kunnen zijn, als gevolg van een te geringe oplosbaarheid. Vervolgens sloot hij het eerste deel van het *Voorstel* af met een opsomming van verbindingen waarmee zijn hypothese kon worden getoetst: zo bestonden er op dat moment twee mogelijke structuurformules van citroenzuur, een mét en een zónder asymmetrisch koolstofatoom. Omdat citroenzuur niet optisch actief was, leek de tweede structuurformule het meest voor de hand te liggen. Om dat definitief aan te tonen zou Van 't Hoff zelf na zijn promotie nog een (vergeefse) poging doen om het optisch actieve citroenzuur te synthetiseren.⁶⁸ De rest van het *Voorstel* was gewijd aan verbindingen met dubbelgebonden koolstofatomen. Die kon je je volgens hem voorstellen als twee tetraëders die langs een zijde met elkaar verbonden zijn. Wanneer de twee koolstofatomen elk twee verschillende groepen hebben, ontstaat er weer een nieuw soort isomerie, bijvoorbeeld die van maleïnezuur en fumaarzuur. Die

verschillende verbindingen waren allebei al in 1817 ontdekt, maar leken exact dezelfde samenstelling te hebben. Het was Van 't Hoff die dat raadsel oploste. Hij concludeerde dat de twee zure groepen in maleïnezuur aan dezelfde kant van de dubbele band zitten, en in fumaarzuur aan verschillende kanten. Tegenwoordig noemen we deze isomeren de *cis*- en de *trans*-vorm. Opnieuw onderbouwde hij zijn stelling met een groot aantal analoge voorbeelden. Ten slotte ging hij ook nog kort in op verbindingen met een driedubbele band, maar dat leidde niet tot nieuwe inzichten. In zijn conclusie viel dan eindelijk de naam van Louis Pasteur en diens werk aan optisch actieve kristallen.

Er mogen dan geen daadwerkelijke referenties in het *Voorstel* voorkomen, Van 't Hoff verwees wel degelijk naar het werk van anderen, zowel door hen bij naam te noemen, als indirect, in de talrijke voorbeelden van moleculen die hij aandroeg als bewijs van zijn hypothese. Hiermee liet hij zien over een brede kennis van de scheikundige literatuur te beschikken. Dat was zelfs al zo in zijn hbs-tijd. Zijn klasgenoot op de hbs, de latere hoogleraar zoölogie in Utrecht Hubrecht, schreef daarover:

Van structuurformules was nog geen sprake, hoewel ons in de vijfde klasse wel werd medegedeeld dat een andere schrijfwijze, waarbij [voor water] in plaats van HO, H₂O moest geschreven worden, bezig was zich een weg te banen. Met verstandig doorzicht heeft men ons toen van die verandering nog niet op de hoogte gesteld, wel wetende dat wij door zoodanige dooreenmenging gevaar zouden lopen in verwarring gebracht te worden en op ons eindexamen in 1869 een slecht figuur zouden maken. Alleen trof het ons wel bij mondelinge repetities, dat voor Van 't Hoff dat gevaar niet scheen te bestaan, daar hij van beide schrijfwijzen op de hoogte bleek te zijn.⁶⁹

En ook Van 't Hoff's Utrechtse vriend en collega op de Rijksveeartsenijschool Van der Plaats getuigde ooit van zijn uitzonderlijk brede scheikundige kennis:

In 1874 was Van 't Hoff, gelijk ik uit eigen herinnering weet, een ijverig lezer van de chemische literatuur. Op handige wijze had hij alle jrg. Berichte en een groot deel der Liebigs Annalen op zijn kamer weten bijeen te brengen. Het asymmetrisch C-atoom was niet enkel uit vrije buitenlucht geconstrueerd.⁷⁰

Wat die kennis waard was en vooral hoe het *Voorstel* werd ontvangen en ook hoe uit het niets iemand anders met een soortgelijke hypothese kwam, zullen we in het volgende hoofdstuk zien. Allereerst diende hij zijn promotie nog tot een goed einde te brengen.

BIJDRAGE TOT DE KENNIS
VAN
CYANAZIJNZUUR EN MALONZUUR.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

Doctor in de Wis- en Natuorkunde,

AAN DE HOOGESCHOOL TE UTRECHT,

NA MACHTIGING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

Mr. H. P. G. QUACK,

GEWOON HOOGLERAAR IN DE RECHTSGELEERDE FACULTEIT,

MET TOESTEMMING VAN DEN ACADEMISCHEN SENAAT

EN

VOLGENS BESLUIT DER FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE,

IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN

op Dinsdag den 22 December 1874, ten 1 ure

DOOR

JACOBUS HENRICUS VAN 'T HOFF. (M. A. C.)

geboren te Rotterdam.



UTRECHT,

P. W. VAN DE WEIJER.

Stoomdrukkerij.

Een heel gewoon proefschrift

Toen het *Voorstel* begin september de deur uit was, kon Van 't Hoff zijn proefschrift gaan afmaken. Ook schreef hij nog twee artikelen voor de *Berichte* en eenje voor de Société Chimique de Paris over zijn onderzoek, die alle drie nog vóór de promotieplechtigheid zouden verschijnen.⁷¹ Hij was erg productief in die maanden, want begin 1875 leverde hij opnieuw twee artikelen af.⁷² Het proefschrift zelf blinkt niet uit door originaliteit, laat staan door liefde voor het vak.⁷³ Dat begint al bij de titel. De zinsnede 'Bijdrage tot de kennis van...' een of ander molecuul was een veelgebruikte standaardformulering. Ook de hoofdstukindeling was volledig volgens voorschrift. De eerste twee hoofdstukken geven een degelijke opsomming van de literatuur over organische zuren, waarna een beschrijving volgt van de synthese en eigenschappen van een aantal verbindingen: malonzuur in hoofdstuk 3 en afgeleiden van malonzuur en cyaanazijnzuur in hoofdstukken 4 en 5. Dat alles in 96 pagina's, keurig voorzien van referenties, opdat duidelijk naar voren komt dat de kandidaat de moderne wetenschappelijke literatuur op zijn vakgebied beheerste.⁷⁴ Wél opvallend zijn een aantal stellingen, die zoals gebruikelijk het proefschrift begeleiden. Een drietal verwees rechtstreeks naar het *Voorstel*,⁷⁵ eenje (Stelling xxvii) was ontleend aan zijn eigen leven: 'Het studeeren aan verschillende Universiteiten is zeer nuttig, en wordt in Nederland veel te weinig gedaan', en een laatste citeert instemmend een uitspraak van een van zijn helden, de Franse filosoof Auguste Comte, en wijst opvallend genoeg vooruit naar het onderwerp van zijn latere oratie over verbeeldingskracht.⁷⁶

Op 22 december 1874 verdedigde Van 't Hoff 'zijn proefschrift en de daarbij gevoegde stellingen' op overtuigende wijze en kreeg van de commissie een magna cum laude.⁷⁷ Toch hebben velen het werk later als 'onbeduidend',⁷⁸ 'of little significance'⁷⁹ of als 'routine research'⁸⁰ neergezet. Dat gaat wellicht wat ver. Het was zeker niet zo opzienbarend als dat van Van der Waals (uit 1873) of Lorentz (uit 1875), maar het onderzoek dat Van 't Hoff in zijn proefschrift beschreef, was in elk geval technisch goed uitgevoerd. Dat een proefschrift een judicium kreeg was ingesteld bij Koninklijk Besluit van 1826. Het was de bedoeling geweest om hiermee de ambitie van studenten te prikkelen, maar in de loop der tijd kreeg bijna iedereen een magna cum laude, 'omdat het vleiender was voor zowel de kandidaat als de promotor'.⁸¹ Dat valt ook op te maken uit een analyse van de proefschriften die in Utrecht werden verdedigd in de periode 1873-1875: driekwart daarvan kreeg tenminste het oordeel 'cum laude', iets wat ook gold voor bijna driekwart van alle proefschriften die onder begeleiding van Eduard Mulder werden geschreven.⁸² Ook Holleman signaleert een zekere oordeelsinflatie. Het toenmalige oordeel 'magna cum laude' 'komt thans overeen met "zonder graad"'.⁸³ Tenslotte was het judicium ook veel meer een oordeel over de gehele studie die aan het proefschrift voor-

af was gegaan. In tegenstelling tot tegenwoordig was een studie pas écht klaar na het schrijven van een proefschrift. En zoals we eerder zagen, was Van 't Hoff's doctoraalexamen meer dan uitstekend verlopen, hetgeen de commissie toen al deed aantekenen dat 'Indien hij eene goede dissertatie verdedigt, zal hem volgens het eenstemmig oordeel der Faculteit de eerste graad moeten worden toegekend.'⁸⁴

In zijn eerste toespraak tot de jonge doctor liet de Utrechtse hoogleraar fysiologie F.C. Donders hem weten dat 'Nederland groote behoefte [heeft] aan mannen als gij'.⁸⁵ De promotieplechtigheid moet een opvallende gebeurtenis zijn geweest, die Van 't Hoff in een brief aan Cohen heeft beschreven:

In dezelfde zaal waar gij uw oratie gaat houden ben ik gepromoveerd, met muziek nogal, op dringend verlangen van Roorda Smit [...], gekenmerkt door een alles meeslepend optimisme; hij bezorgde niet alleen de muziek maar ook, door zijne relaties in het leger, een indrukwekkend militair auditorium, enkele leden der faculteit waren geheel 'ingeschüchtert'; mijn goede protector Prof. Grinwis parelde van het zweet toen zijne oppositie nog lang niet begon; ik zelf echter had het 't moeilijkst van allen, maar alles liep weer goed af, zooals trouwens Smit met absolute zekerheid vooraf had verklaard.⁸⁶

Misschien nog wel meer dan om de inhoud zou het proefschrift om andere redenen een zekere bekendheid verwerven. Dat had alles te maken met de eerste en laatste pagina. Dat op de achterzijde van het proefschrift de gevelsteen van 'Het Vergulde Poortje' was weergegeven, een Utrechtse kroeg, waar hij menig uur met zijn vrienden had doorgebracht, was misschien nog tot daaraan toe. Maar op de titelpagina, waarvan vorm en inhoud bij elke universiteit aan nauwe regels zijn gebonden, stonden achter de naam van de auteur bij wijze van eretitel de letters M.A.C. vermeld. Die afkorting stond voor Member [of the] Australian Club, een genootschap van drie vrienden, Van 't Hoff, boven-



Afbeelding van Van 't Hoff's favoriete kroeg in Utrecht, zoals afgedrukt op de achterkant van zijn proefschrift.

genoemde Roorda Smit, die hoogleraar oogheekkunde zou worden in Argentinië, en Gilles Janse, de latere bibliothecaris van Artis.⁸⁷ Zij hadden ooit in de stationsrestauratie in Utrecht besloten om gezamenlijk naar Australië te trekken om daar hun geluk te beproeven. Hoewel velen ongetwijfeld de humor inzagen van deze vermelding, vond men dit binnen de Utrechtse faculteit maar 'vreemde aanstellerij'. Ook Roorda Smit zou twee maanden later deze letters achter zijn naam zetten op de titelpagina van zijn proefschrift, maar toen was het geduld van de hoogleraren op en Smit kwam tijdens zijn verdediging in de problemen: Hij trachtte zich te redden met te zeggen [dat] *Magister Artium Chemicæ* een wetenschappelijke titel [was] door hem en Van 't Hoff in Bonn behaald.⁸⁸

's Avonds werd de promotie in aanwezigheid van familie en vrienden gevierd in Utrecht met een feestmaal. Ook veel (oud-)studiegenoten uit Delft, Leiden (van wie er twee hem als paranimfen hadden bijgestaan) en Utrecht waren net als de leden van de M.A.C. van de partij. Van 't Hoff kreeg een plaat met daarop de handtekeningen van alle aanwezigen en een 'historia doctoris' vervat in een aantal karikaturen, die voor niet-ingewijden moeilijk te duiden zijn, maar waarbij wel het grote aantal verwijzingen naar drank en schone dames opvalt.⁸⁹ Hoewel zijn vader vanwege ziekte afwezig was, droeg deze een mooi vers bij:

Ga, waar de roem ligt te rusten
En in haar slaap U verwacht,
Ga, waar de Gloria U koestert,
Daar waar de Lauwerkrans lacht.

Of die lauwerkrans hem wachtte op grond van zijn ideeën zoals gepubliceerd in het *Voorstel*, zien we in het volgende hoofdstuk.

4

Triomferen op pegasus

Zoo wel de wetenschappelijke als leek zie in die beantwoording dat Uwe persoonlijkheid eene waardige is en gij Uwe paarden meester zijt ook al berijdt ge Uw' pegasus niet. – Vader Van 't Hoff¹

Een verrassing uit Frankrijk

Terwijl Van 't Hoff in Utrecht hard aan zijn proefschrift zat te werken en zich voorbereidde op zijn verdediging, verscheen in november 1874 een artikel in het tijdschrift van de Société Chimique de Paris. Het kwam ongetwijfeld als een donderslag bij heldere hemel, omdat de auteur ervan, een 27-jarige Franse chemicus, tot bijna identieke conclusies was gekomen over de ruimtelijke structuur van moleculen.² Nog verrassender was dat Van 't Hoff de auteur kende, Joseph Achille Le Bel. Ze hadden begin dat jaar allebei in het laboratorium van Adolphe Wurtz gewerkt, Le Bel als diens privéassistent en Van 't Hoff om zich een paar maanden verder te verdiepen in de moderne scheikunde – Wurtz was zoals we eerder zagen als een van de weinige Franse chemici een fervent voorstander van Kekulé's structuurtheorie. De overeenkomsten tussen het artikel van Le Bel en Van 't Hoff's een paar maanden daarvóór verschenen *Voorstel* zijn in elk geval opvallend. Ook Le Bel beweerde dat er een verband was tussen de structuur van moleculen en hun optische activiteit. Dat kon haast geen toeval zijn, zou je zeggen. Toch heeft Van 't Hoff altijd ontkend ooit in Parijs over zijn ideeën met Le Bel te hebben gesproken: 'We hebben daar nooit een woord over de tetraëder gewisseld, hoewel we er misschien wel allebei over aan het denken waren.'³ Er is ook later nooit van enige animositeit sprake geweest tussen de twee naar aanleiding van het verschijnen van hun



De Franse chemicus Joseph Achille Le Bel (1847-1930) die net iets later dan Van 't Hoff zijn theorie over het asymmetrisch koolstofatoom publiceerde.

beider publicaties. Dat blijkt onder andere uit Van 't Hoff's uiteenzetting voor de Société Chimique de Paris, waarin hij gracieus vermeldde dat zijn *Voorstel* verscheen 'au moment même' waarop Le Bel's artikel verscheen, terwijl zijn *Voorstel* toch echt twee maanden eerder was verschenen.⁴ Ook droeg hij de tweede editie van *La chimie dans l'espace* op aan Le Bel: 'Ter getuigenis van mijn respectvolle gevoelens.'⁵

Hoewel hun beider conclusies grotendeels overeenstemmen, was de weg ernaartoe een heel andere. Le Bel had in zijn artikel geprobeerd de structuurtheorie te verweven met de Franse kristallografische traditie, waarin de kristalvorm samenhang met de vorm van een molecuul.⁶ Waar Van 't Hoff pas helemaal aan het eind van zijn *Voorstel* verwees naar het werk van Pasteur, nam Le Bel dat juist als uitgangspunt, en met name diens conclusie dat er een verband bestond tussen de moleculaire configuratie en de optische activiteit van een molecuul.

Zijn de atomen van het rechtsdraaiende zuur gegroepeerd volgens een rechtsdraaiende helix, of zijn ze geplaatst op de uiteinden van een onregelmatig tetraëder, of gerangschikt volgens een of ander vastgelegd asymmetrisch verband? We weten het antwoord op deze vraag niet. Maar zeker is, dat er een asymmetrische rangschikking is van atomen die niet over de ander heen te leggen is, en niet minder zeker is dat de atomen van het linksdraaiende zuur precies de andere asymmetrische rangschikking hebben als die van het rechtsdraaiend zuur.⁷

Le Bel ging een stap verder dan Pasteur en stelde zich een koolstofatoom voor met vier identieke zijgroepen, die niet in hetzelfde vlak lagen. Als we een of twee van die zijgroepen zouden vervangen, en het oorspronkelijke molecuul bezat een vorm van symmetrie, dan zou ook het product symmetrisch zijn en was het dus optisch inactief. Maar een koolstofatoom met vier verschillende zijgroepen is ongelijk aan zijn spiegelbeeld en moest dus 'dissymétrique' zijn en daarmee optisch actief. Net als Van 't Hoff noemde ook Le Bel melkzuur als eerste voorbeeld van zo'n 'dissymmetrisch' molecuul. Op basis van deze twee geometrische principes trok Le Bel vervolgens de conclusie dat het oorspronkelijke molecuul de vorm van een tetraëder moest hebben. Waar Van 't Hoff dus vanuit structuurtheoretische overwegingen en de valenties van het koolstofatoom *begon* met het poneren van een tetraëdrische structuur, was dit voor Le Bel het *eindpunt* van zijn redenering. In het vervolg van zijn artikel beschouwde hij net als Van 't Hoff de structuur van onverzadigde verbindingen en later zelfs ook die van benzeen, maar zijn overwegingen zijn niet erg helder en worden minder dan die van Van 't Hoff onderbouwd door observaties. Wat zich hier wrekt is zijn abstracte, 'geo-

metrische' manier van denken en de afwezigheid van diagrammen die zijn stellingen illustreren.

Het is niet verwonderlijk dat de artikelen van Le Bel en Van 't Hoff jarenlang zijn beschouwd als schoolvoorbeeld van een gelijktijdige ontdekking.⁸ In beide artikelen wordt immers een correct verband gelegd tussen de asymmetrische structuur van een molecuul en de optische activiteit ervan. Beide artikelen identificeren die structuur ook als een tetraëder. Van 't Hoff introduceerde de ruimtelijke structuur van moleculen om helderheid te brengen in een indertijd door alle scheikundigen acuut gevoeld probleem, het grote aantal (onbegrepen) isomeren, zowel van onverzadigde als verzadigde verbindingen. Le Bel daarentegen poneerde de tetraëder op basis van abstracte, geometrische overwegingen, voortbouwend op het onderzoek van Pasteur aan tartraatkristallen. Verder bleef alleen Van 't Hoff ook ná zijn eerste publicatie actief bezig met het verbreiden van zijn ideeën.⁹ Ook werden verschillende vertalingen van zijn brochures keer op keer herdrukt.¹⁰ Maar misschien wel het belangrijkste verschil is dat Van 't Hoff op basis van zijn theorie voorspellingen deed. En naarmate die in latere jaren werden bevestigd, kreeg zijn weergave van de theorie de bovenhand. De gelijktijdige 'ontdekking' van de tetraëder was derhalve niet de natuurlijke en onvermijdelijke uitkomst van een bestaande historische ontwikkeling. Daarvoor waren er te grote theoretische en methodologische verschillen tussen de twee artikelen. Van 't Hoff zag als eerste de fysieke realiteit van ruimtelijke structuurformules in en hij was het dan ook die daarmee feitelijk de basis legde voor de stereochemie van organische verbindingen.

De eerste reacties

Bij het verschijnen van zijn *Voorstel* had Van 't Hoff exemplaren toegestuurd aan kennissen en collega's van zijn vader, die als arts werkzaam was in Rotterdam: de directeur van het Coolsingel-ziekenhuis en een drietal apothekers, die allen rond 1830 onder leiding van de latere hoogleraar scheikunde in Utrecht, Gerrit Jan Mulder, hun opleiding hadden genoten aan de Klinische School in Rotterdam.¹¹ In die jaren bestond de scheikunde nog nauwelijks als een apart vak en waren er ook geen universitaire laboratoria. Nadat Mulder in 1828 in Rotterdam als lector was benoemd, was het dan ook zijn eerste zorg geweest een onderwijslaboratorium te stichten om de aanstaande apothekers in de gelegenheid te stellen zich in de praktische chemie te bekwamen en tevens chemische onderzoeken te doen.¹² Na zijn benoeming in Utrecht zou hij ook daar een goed uitgerust chemisch laboratorium stichten, waar behalve zijn zoons Louis en Eduard, de latere promotor van Van 't Hoff, tal van latere hoogleraren in de scheikunde in Nederland onderzoek deden en bij Mulder promoveerden.¹³ Wat de reacties uit Rotterdamse kringen precies behelsden, is onbekend. Men reageerde per brief(kaart) aan vader Van 't Hoff of betuig-

de in een persoonlijk gesprek met hem ‘zijn ingenomenheid met Uw’ arbeid (voor zoo ver hij dien volgen kon).’¹⁴

Daarnaast had Van ’t Hoff ook exemplaren van het *Voorstel* aan verschillende hoogleraren in Nederland gestuurd. Wie dat waren is helaas onbekend. De eerste die reageerde was de Utrechtse hoogleraar natuurkunde, Christophorus Buys Ballot, die we tegenwoordig beter kennen als grondlegger van de meteorologie en oprichter van het KNMI. Hij stuurde Van ’t Hoff een beemoedigende briefkaart. Hoewel Van ’t Hoff hem bij diens afscheid in 1887 liet weten deze briefkaart twaalf jaar lang als een ‘kostbaar kleinood’ te hebben bewaard, is dat helaas niet altijd zo gebleven. Het is zeker dat hij de briefkaart eind september 1874 al in handen had, omdat zijn vader deze toen, samen met een brief aan hem terugstuurde.¹⁵ We weten ook deels wat er op de briefkaart moet hebben gestaan, omdat Van ’t Hoff er in zijn lezing ter ere van het afscheid van Buys Ballot op 16 november 1887 uit citeert:

Terwijl het toenmalig algemeen gevoelen [voor het *Voorstel*] kon worden samengevat in de woorden ‘wetenschappelijk schandaal’, staat op de briefkaart van u: ‘Ook ik dacht mij altijd koolstof als een ictroïde’ en ‘Ge moet maar consequent doorgaan tot in de uiterste gevolgtrekkingen.’¹⁶

Toen Buys Ballot de briefkaart schreef, was er overigens geen sprake van een ‘wetenschappelijk schandaal’ over Van ’t Hoff’s *Voorstel* – je kunt je ook nauwelijks voorstellen dat er drie weken na verschijning überhaupt al veel reacties hadden kunnen zijn –, terwijl de aanduiding ‘wetenschappelijk schandaal’ zelfs in het licht van latere reacties wat overdreven is. Hoe dan ook, Buys Ballot trok zich het lot van de jonge Van ’t Hoff aan, en zorgde ervoor dat deze een Franse vertaling van zijn *Voorstel* kon publiceren in het tijdschrift van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen in Haarlem, de *Archives Néerlandaises*, waarvan Buys Ballot redacteur was.¹⁷

De andere reactie was afkomstig van de hoogleraar scheikunde in Groningen, Tjaden Modderman. Die liet per brief aan een huisvriend van de ouders van Van ’t Hoff weten wat hij van het *Voorstel* vond. Net als veel van zijn toenmalige collega’s bleek hij niet veel op te hebben met de moderne ontwikkelingen in de scheikunde: structuurformules hadden sowieso hun langste tijd wel gehad: ‘Men meent zoo licht met een verbinding klaar te zijn, als zij op ’t papier in elkaar gezet is.’¹⁸ Maar over het werk van Van ’t Hoff was hij positief:

Er is veel scherpzinnigs in en blijken te over van omvattende kennis van feiten en combinatiegave. Indien de S[chrijver] praktisch even goed ontwikkelt als theoretisch, dan belooft hij wat. [...] Zooveel is zeker dat er wat in dezen jeugdigen vriend van U steekt.

En hoewel hij vond dat Van 't Hoff er beter aan had gedaan eerst zijn 'speculaties' experimenteel te toetsen, moest deze wél in zijn theorie blijven geloven. Het zou ook beter zijn 'dat er geen critiek verschijne noch van mij noch van een ander. Want allicht zou dit twijfel bij hem opwekken, ook al vereenigde hij zichzelf niet met de objecties.'¹⁹ Maar een reactie was nu juist waar Van 't Hoff zo naar uitkeek.

De kansen daarop namen toe nadat de eerdergenoemde vertaling was verschenen in de *Archives Néerlandaises*. Daarmee kon Van 't Hoff nu ook buitenlandse collega's van zijn ideeën op de hoogte brengen. Een aantal van hen reageerde positief: Walther Spring, de chemicus uit Luik met wie hij in Bonn bevriend was geraakt, en ook Adolphe Wurtz lieten direct in maart 1875 weten dat ze zijn ideeën erg interessant vonden. Veel belangrijker was dat zijn vriend Arthur Henninger, onderdirecteur van het scheikundig laboratorium in Parijs, op een zitting van de Société Chimique de Paris in maart 1875 namens hem zijn ideeën voor een breder gehoor presenteerde.²⁰ Ook na afloop van die bijeenkomst was de belangstelling groot en vroegen verschillende leden om een kopie van het artikel in de *Archives Néerlandaises*. Als correspondent voor de *Berichte*, het tijdschrift van de Deutsche Chemische Gesellschaft, plaatste Henninger ook daarin een korte mededeling over Van 't Hoff's ideeën 'über die Strukturformeln im Raume'²¹ en vermeldde hij dat deze zelf nog op zijn ideeën zou terugkomen, hetgeen overigens pas in 1877 gebeurde.²² Henningers presentatie in Parijs leidde ook tot een eerste serieuze kritiek, en niet van de minste. Zo stelde de nestor van de Franse chemici Marcellin Berthelot dat Van 't Hoff er geen rekening mee had gehouden dat de atomen in een molecuul draaien en trillen. Bovendien kwam hij met een voorbeeld van een molecuul dat niet aan de theorie van Van 't Hoff leek te gehoorzamen: Pasteur zou namelijk een appelzuur hebben gesynthetiseerd dat niet optisch actief was.

Het probleem van het appelzuur

Pasteur was tot zijn synthese gekomen door werk van de Franse chemicus Victor Dessaignes uit 1850. Deze had asparaginezuur bereid uit maleïnezuur, hetgeen direct de aandacht van Pasteur had getrokken. Maleïnezuur is namelijk optisch niet actief, terwijl asparaginezuur, zoals dat in de natuur voorkomt, dat wél is. Voor Pasteur was optische activiteit een soort 'teken van leven': alleen levende organismen zouden in staat zijn om optisch actieve ('levende') verbindingen te maken uit optisch niet-actieve uitgangsmaterialen. Zoiets zou in het laboratorium 'langs chemische weg' onmogelijk moeten zijn, en het werk van Dessaignes leek hiermee in flagrante tegenspraak. Daarom haastte Pasteur zich aan het eind van de zomer van 1850 vanuit Parijs naar de Vendôme, waar hij een monster meekreeg van de door Dessaignes gesynthetiseerde verbinding. Tot zijn geruststelling bleek deze bij meting in Parijs niet optisch actief te zijn.²³ Daarom karakteriseerde Pasteur deze als

‘mesoverbinding’, analoog aan wat hij zelf ook in wijnsteenzuur had waargenomen. Die conclusie was onjuist, later zou duidelijk worden dat het monster van Dessaignes een mengsel was geweest van evenveel linksdraaiend als rechtsdraaiend asparaginezuur. Later wist Pasteur zelf op soortgelijke wijze een niet-actief appelzuur te bereiden.²⁴

En dat was waar Berthelot op doelde. Hoe verklaarde de theorie van Van 't Hoff zo'n niet-actief appelzuur? Van 't Hoff was echter niet voor één gat te vangen. Hij kende de recente literatuur op zijn duimpje en was dan ook al enkele maanden bezig met onderzoek aan het appelzuur. Samen met zijn voormalige Utrechtse medestudent Gustav Bremer probeerde hij juist een optisch actief appelzuur te synthetiseren. Voor Bremer moest dat onderzoek het onderwerp van zijn proefschrift worden. Hij hoopte een rechtsdraaiend appelzuur te synthetiseren, omdat de in de natuur voorkomende vorm juist linksdraaiend was. Heel soepel verliep dat onderzoek niet, omdat Bremer vanwege gezondheidsproblemen Utrecht moest verruilen voor zijn geboortestad Assen. Desondanks lukte het hem om in een klein privélaboratorium aan huis zijn scheikundige onderzoeken voort te zetten. Hij deelde de resultaten daarvan per brief mee aan Van 't Hoff, die afwisselend in Utrecht en bij zijn ouders in Rotterdam verbleef. Alleen diens (acht) antwoordbrieven zijn bewaard gebleven.²⁵ De eerste dateert van december 1874, nog van vóór zijn promotie, de laatste van ongeveer een jaar later.

Bij zijn synthese ging Bremer uit van wijnsteenzuur, omdat dat van nature al rechtsdraaiend was. Zijn hoop was die eigenschap ook na de synthese van appelzuur te kunnen behouden. De omzetting was een vrij gecompliceerde reactie, die bovendien een aantal zuiveringsstappen vergde, maar ondanks problemen met ‘exploderende buizen’ kon hij in het voorjaar van 1875 Van 't Hoff melden een tot nu onbekend, rechtsdraaiend appelzuur te hebben gesynthetiseerd.²⁶ Probleem was wel dat de grootte van de polarisatiedraaiing ($+7,9^\circ$) niet exact gelijk was aan die van natuurlijk, linksdraaiend appelzuur ($-5,9^\circ$). Van 't Hoff had hier echter direct een (naar later zou blijken incorrecte) verklaring voor: de metingen waren gedaan aan zogeheten ammoniumzouten, verbindingen van appelzuur met ammoniak. Die verbinding kon in het appelzuur aan twee kanten gemaakt worden, en Van 't Hoff vermoedde dat de linksdraaiende en rechtsdraaiende vorm dat elk op een eigen manier doen, wat zou leiden tot verschillende waarden voor de polarisatiedraaiing. Intussen zette Bremer enthousiast zijn onderzoeken voort. Een volgend experiment was de synthese van appelzuur uitgaande van druivenzuur, een mengsel van evenveel links- als rechtsdraaiend wijnsteenzuur. Bremers hypothese was dat de polarisatiedraaiing van het reactieproduct gelijk moest zijn aan $+7,9^\circ - 5,9^\circ = 2^\circ$. En dat bleek het geval.

Van 't Hoff reageerde uitgelaten: ‘Uw dissertatie wordt [...] een prachtig sluitend feitengeheel, en dat doet een chemisch idealist goed.’²⁷ Een laatste

experiment van Bremer had een nóg opvallender uitkomst. Via een slimme wisseltruc wist hij bij het linksdraaiende appelzuur het ene ammoniumzout in het andere om te zetten, waarbij de polarisatiedraaiing zoals verwacht veranderde van $-5,9^\circ$ naar $-7,9^\circ$. Toen dat resultaat begin november door Henninger in Parijs werd besproken, ontstond hier grote opwinding over, gevolgd door veel discussie waarbij tegelijkertijd twijfel ontstond over de precieze interpretatie van de resultaten. Die zouden namelijk ook te verklaren zijn uit onzuiverheden in het monster.²⁸ Berthelot stelde een groot aantal vragen die Van 't Hoff maar ten dele aan de hand van Bremers net verschenen proefschrift kon verklaren en hij vroeg Bremer dan ook om hulp bij de beantwoording.²⁹ Bijna tien jaar later zou Van 't Hoffs jongere broer Johan, onder zijn leiding het onderzoek naar de verschillende vormen van appelzuur voortzetten aan de Universiteit van Amsterdam. Hij onderzocht het bestaan van een inactieve vorm van het appelzuur, analoog aan het mesowijnsteenzuur. Er waren op dat moment verschillende onderzoekers die meenden zo'n mesoappelzuur te hebben gevonden.³⁰ Johan kon echter aantonen dat die allemaal bestonden uit mengsels van links- en rechtsdraaiend appelzuur en concludeerde in zijn proefschrift dat door zijn onderzoekingen 'de bestaanbaarheid van meergenoemde [...] modificatie in hooge mate onwaarschijnlijk is geworden'.³¹

La chimie dans l'espace

Met het werk van Bremer had de theorie van Van 't Hoff zijn eerste experimentele toetsing doorstaan. Verder waren er eindelijk ook wat reacties binnengedruppeld van collega's. Dat had alles te maken met de verschijning van een nieuwe Franse vertaling (of liever bewerking) die hij zelf van zijn *Voorstel* had gemaakt en op eigen kosten bij de drukkerij van jeugdvriend Bazendijk in Rotterdam had laten drukken.³² *La chimie dans l'espace* verscheen op 5 mei 1875 in een oplage van 180 exemplaren, zoals valt op te maken uit twee afrekeningen die Bazendijk aan Van 't Hoff stuurde.³³ De winkelprijs was 1 gulden, waarvan de boekhandel 20 cent incasseerde. In 1875, het jaar van verschijnen werden er 62 exemplaren verkocht, waarvan 24 in Duitsland. Van 't Hoff zelf kreeg tien presentexemplaren, waarvan hij er eentje waarschijnlijk zelf hield, en negen opstuurde aan een aantal prominente chemici: Adolf von Baeyer in Straatsburg, Aleksander Butlerov in St.-Petersburg, Louis Henry in Leuven, Wilhelm von Hofmann in Berlijn, August Kekulé in Bonn, Edward Frankland in Londen, Adolphe Wurtz en Marcellin Berthelot in Parijs en Johannes Wislicenus in Würzburg. Emil Fischer herinnerde zich later hoe Von Baeyer in de zomer van 1875 in het laboratorium verscheen en over het werk van Van 't Hoff zei: 'Er is echt weer eens een goede, nieuwe gedachte in onze wetenschap, die rijke vruchten zal dragen', waarna Fischer daaraan toevoegde dat 'ook wij jongeren onmiddellijk in staat waren onszelf van de bruikbaarheid van de nieuwe theorie te overtuigen'.³⁴ En in een brief aan Victor Meyer schreef

Von Baeyer een maand later: 'Over het werk van Van 't Hoff ben ik enthousiast; of het waar is, wie zal het zeggen? Ik vind het idee echter erg mooi.'³⁵ Dezelfde Victor Meyer zou een paar maanden later zowel per brief aan Von Baeyer als in een korte bijdrage aan het weekblad *Der Naturforscher* lovend over het werk van Van 't Hoff schrijven.³⁶ Wat ook veel indruk maakte bij Van 't Hoff's correspondenten was een setje molecuulmodellen dat hij met elke brochure had meegestuurd, eigenhandig in elkaar geknutseld van karton en geverfd in felle kleuren om zijn theoretische beweringen te illustreren. Louis Henry liet Van 't Hoff weten dat hij ze 'erg nuttig [vond] om de ontwikkelingen in uw theorie te volgen'³⁷ en in de daaropvolgende maanden zouden velen zich bij Van 't Hoff melden met het verzoek om extra exemplaren of om het adres waar de setjes te verkrijgen waren.



Modelletjes van tetraëders die Van 't Hoff samen met een exemplaar van zijn La chimie dans l'espace naar bekende chemici in Europa stuurde.

Vergeleken met het *Voorstel* was *La chimie* niet alleen een veel uitgebreider, maar ook veel volwassener werk. Vanaf de eerste bladzijden was duidelijk welk scheikundig probleem hem voor ogen had gestaan: er zijn veel meer isomeren dan de moderne theorie voorspelt. Opnieuw klinkt in de inleiding een schreeuw om aandacht, om een reactie: 'Wat ik zo zeer had gehoopt, een oordeel, een discussie, daar heb ik tevergeefs op gewacht.' Het is dus tijd 'om buitenlandse geleerden om een oordeel te vragen.'³⁸ Als we de wijze van redeneren in *La chimie* vergelijken met die van het *Voorstel* is er niet echt veel nieuws onder de zon. Hij onderzocht het aantal mogelijke isomeren dat uit zijn theorie van het tetraëdrisch koolstofatoom volgde en leidde een formule af waarmee dat aantal te berekenen viel. Verder beschouwde hij het effect van de rotatie van atomen rond een enkele binding – in directe reactie op een van de bezwaren die Berthelot had opgeworpen – en werkte de theorie rond

moleculen met een dubbele binding verder uit. Daarna volgde in twee hoofdstukken een uitgebreide opsomming en discussie van alle verbindingen die zijn theorie moesten staven. Bovendien kwam hij met een intrigerende hypothese over de oorzaak van de polarisatiedraaiing. Deze zou het gevolg zijn van een verandering in de lichtgolf wanneer deze de helixstructuur van de atomen rond het centrale koolstofatoom passeerde. Die is voor een linksdraaiend en een rechtsdraaiend molecuul net omgekeerd. Van 't Hoff baseerde zich hiervoor op werk van de Franse fysicus De la Rive.³⁹ Ten slotte wijdde hij ook nog een hoofdstuk aan de consequenties van zijn tetraëdrische koolstofatoom voor aromatische verbindingen, een onderwerp dat volledig ontbrak in het *Voorstel*. Hij ging daarbij in zijn uitwerking wat verder dan Le Bel, die zijn artikel van november 1874 ook zo had afgesloten, en het heeft er alle schijn van dat Van 't Hoff dit hoofdstuk pas heeft toegevoegd *nadat* hij kennis had genomen van Le Bels werk.⁴⁰ Hij rekende voor dat het in principe mogelijk moest zijn om op basis van het aantal mogelijke isomeren een keuze te maken tussen de twee mogelijke benzeenstructuren, die van Ladenburg en van Kekulé – en zou daar later nog een artikel aan wijden.⁴¹

De strijd met Berthelot om het styreen

Langzamerhand kwamen er ook meer suggesties los voor het doen van verdere experimenten. Louis Henry beloofde een verbinding die hij optisch niet-actief had bevonden *ondanks* aanwezigheid van een asymmetrisch koolstofatoom, nog eens verder te onderzoeken. Op advies van Van 't Hoff slaagde Bremer er verder in om barnsteenzuur zuiver in handen te krijgen en hij toonde vervolgens aan dat dit niet optisch actief was.⁴² Dat was weliswaar in overeenstemming met Van 't Hoff's theorie, omdat barnsteenzuur geen asymmetrisch koolstofatoom bevat, maar opnieuw in tegenstelling tot wat Pasteur vermoedde.⁴³ Zelfs Kekulé had nog tevergeefs geprobeerd zo'n optisch actief barnsteenzuur te synthetiseren.⁴⁴ Vanuit Parijs suggereerde Henninger ten slotte om eens te kijken naar de optische activiteit van styreen (of *styrol* zoals het toen werd genoemd), dat geen asymmetrisch koolstofatoom bevat, maar volgens Berthelot juist wél optisch actief zou zijn.⁴⁵ Daarom keerde Van 't Hoff in 1875 aan het eind van de zomer terug naar het laboratorium van Eduard Mulder om zijn onderzoek weer op te pakken.⁴⁶ Styreen is een olieachtige, vluchtige vloeistof die indertijd gewonnen werd uit de hars van de amberboom. Van 't Hoff isoleerde uit 10 kilo hars zo'n 40 gram vluchtige olie. Bij verwarming daarvan reageren de styreenmoleculen met elkaar en ontstaat *metastyrol*, dat afgescheiden kon worden met behulp van destillatie.⁴⁷ Na dit een aantal malen te hebben herhaald, bleef een klein beetje vloeistof over, die Van 't Hoff *styrokamfer* noemde. Deze bleek sterk linksdraaiend te zijn en was volgens hem de oorzaak van de vermeende optische activiteit van styrol zoals door Berthelot waargenomen.⁴⁸ Toen hij Le Bel persoonlijk op de hoogte stelde

van zijn resultaten – de twee waren na het verschijnen van Le Bels artikel begonnen brieven uit te wisselen – antwoordde deze: 'Ik wens u geluk met de resultaten [...]; het stemt me des te vrolijker dat u Monsieur Berthelot flink hebt gestraft omdat hij zich met onze zaken heeft bemoeid.'⁴⁹

Maar Berthelot was niet makkelijk uit het veld te slaan. Hij wees er fijntjes op dat Van 't Hoff geen idee had wat zijn vermeend optische actieve verbinding wel zou kunnen zijn. Hij had zijn eigen experimenten nog eens overgedaan en een identiek resultaat verkregen: 'De optische activiteit van styrol is zeker en elke theorie die niet in overeenstemming is met die eigenschap is derhalve overtuigend onjuist.'⁵⁰ Maar Van 't Hoff was even overtuigd van zijn gelijk. Hij droeg verdere experimentele resultaten aan en stelde op basis daarvan vol zelfvertrouwen: 'Na deze nieuwe waarnemingen heb ik geen reden om iets van mijne stellingen omtrent styrol terug te nemen.' Ook sprak hij het vermoeden uit dat het door hem gevonden styrokamfer identiek was aan een door Von Miller gevonden alcohol.⁵¹ En om de juistheid van zijn theorie nog maar eens te onderstrepen, sloot hij zijn artikel af met de mededeling dat Le Bel een aantal derivaten van optisch actief amylalcohol had gesynthetiseerd, die alle niet actief bleken te zijn. Hetgeen te verwachten was: 'Het zijn juist die derivaten, waarin het asymmetrisch koolstofatoom symmetrisch is geworden.'

Twee positieve reacties

Terwijl Van 't Hoff eind 1875 in het laboratorium in Utrecht werkte aan het styrol, verscheen er onverwacht een eerste openbare reactie op zijn *Voorstel*, dat al meer dan een jaar daarvoor was verschenen.⁵² Deze kwam van de hand van Buys Ballot, die eerder al een bemoedigende briefkaart aan Van 't Hoff had gestuurd. Hij was weliswaar natuurkundige, maar in zijn jeugd was hij vooral in de scheikunde geïnteresseerd geweest. In zijn *Schets eener physiologie van het onbewerkte rijk der natuur*⁵³ was hij een van de eersten geweest die de chemie beschouwde als de interactie tussen kleine deeltjes die elkaar aantrekken en afstoten. Dat klinkt weliswaar heel modern, maar hij zag een atoom meer 'als monade, als wezen' en verklaarde de verschillen tussen elementen uit de vorm ervan. Hoewel hij hier college over gaf, stonden dit soort denkbeelden ver af van wat in die dagen binnen de theoretische chemie gemeengoed was, en was er vrijwel geen belangstelling voor.⁵⁴ Dat had hem altijd bitter gestemd en bracht hem in het voorwoord van zijn *Schets* tot de volgende verzuchting: 'Geschiktheid voor theoretische bespiegelingen durven wij ons daarentegen niet geheel ontfagen, daar reeds zoo menige uitspraak of vermoeden bevestigd werd, geene enkele wederlegd is. Het laatste beteekent niet veel, want in ons land heeft men steeds alles wat wij zeiden voor kennisgeving aangenomen en ter griffie gelegd.'⁵⁵ Toen hij hetzelfde zag gebeuren met de theorie van de jonge Van 't Hoff, moet hij het plan hebben opgevat hem

publiekelijk te verdedigen door het schrijven van een 'Openbare brief aan Dr. J.H. van 't Hoff'. Deze verscheen op 1 oktober 1875 in het *Maandblad voor Natuurwetenschappen*.⁵⁶

Al in de eerste zinnen maakte hij duidelijk waarom hij de brief had gepubliceerd: 'Te zeer herinner ik mij hoe het mij in 1849 leed deed, dat men mijne *Schets eener Physiologie van het onbewerkte Rijk der Natuur* niet bestreed [...], dan dat ik nu met onverschilligheid de pogingen van een jeugdigen, ijverigen geest zou kunnen voorbijgaan.' Hij gaf toe niet helemaal meer op de hoogte te zijn van alle nieuwe ontwikkelingen in de chemie, omdat 'ik uit teleurstelling de meteorologie als een speelpop ter hand [had] genomen', maar hij wilde in elk geval reageren en Van 't Hoff tot een reactie uitlokken. Wat dan volgt is een vrij warrig verhaal. Buys Ballot was het eens met de ruimtelijke rangschikking die Van 't Hoff had aangenomen, maar verklaarde deze uit de vorm van de verschillende atomen, die bepaalt in welke richting de kracht tussen de atomen het sterkst is. Hij vermoedde ook dat de theorie van Van 't Hoff veel meer isomerieën zou voorspellen dan er gevonden zouden kunnen worden. Ook vond hij de regels van de chemie te vaag, te weinig vatbaar voor numerieke toetsing. Maar eigenlijk ging het hem er helemaal niet om zelf serieus de discussie aan te gaan: 'Dit zijn alleen maar invallen en ik wensch niets liever, dan dat gij volkomen gelijk hebt.'



Christophorus Buys Ballot (1817-1890) die als eerste positief reageerde op de ideeën van Van 't Hoff over het asymmetrisch koolstofatoom.

Van 't Hoff greep de hem geboden gelegenheid met beide handen aan; binnen twee maanden stond zijn antwoord in het *Maandblad*.⁵⁷ Hoe vriendelijk hij dit ook had geformuleerd, zijn uitgebreide antwoord komt over als vrij gênant voor Buys Ballot, omdat deze feitelijk college krijgt. Stap voor stap lichtte Van 't Hoff zijn voornaamste punt toe, hoe de ruimtelijke ligging van de ato-

men en atoomgroepen rond een centraal atoom moest leiden tot verschillende isomeren en hoeveel van elk. Ook gaf hij weer een lange opsomming van verbindingen die in overeenstemming waren met zijn theorie, al liet hij die volgen door een (weliswaar veel korter) lijstje van probleemgevallen, 'onverklaarbare isomerieën', dat begon met styrol, waar hij op dat moment nog hard aan werkte. Van 't Hoff eindigde zijn antwoord met een reeks observaties over de verschillende eigenschappen van isomeren, zowel van links- en rechtsdraaiende moleculen (kristalvorm, reactiviteit) als van onverzadigde cis/trans-verbindingen. Met al die voorbeelden toonde hij eens te meer aan dat hij uitstekend op de hoogte was van de meest recente wetenschappelijke literatuur op het gebied van de organische chemie. Zijn zelfvertrouwen was gegroeid en hij kon laten zien dat hij wist waar hij het over had.

Dat had ongetwijfeld te maken met een andere, ook heel positieve ontwikkeling. Begin november 1875 had hij namelijk twee brieven uit Würzburg ontvangen. De eerste was van Johannes Wislicenus, uitgerekend de man die hem met zijn melkzuuronderzoek op het pad van het asymmetrisch koolstof-atoom had gezet. Wislicenus bedankte hem voor het toesturen van *La chimie* en de modellen en liet weten erg gelukkig te zijn met Van 't Hoff's theorie, die 'onze wetenschap een overvloed aan geheel nieuwe impulsen zal geven en daarom van baanbrekende betekenis zal blijken te zijn'.⁵⁸ Wislicenus stelde voor een Duitse vertaling te maken, waarvoor hij dan een voorwoord zou willen schrijven. Zijn assistent Felix Herrmann zou de vertaling op zich willen nemen. Deze stelde zich ook per brief voor en vroeg Van 't Hoff of een collega uit zijn laboratorium ook een Hongaarse vertaling mocht maken. Van 't Hoff was hier natuurlijk erg blij mee. Hij koesterde beide brieven en bewaarde ze zorgvuldig door ze in een speciaal daarvoor gekozen schrift te plakken, terwijl hij zeker later in zijn leven gewoon was alle correspondentie aan het eind van elk jaar weg te gooien. De Duitse vertaling, *Die Lagerung der Atome im Raume*, verscheen in februari 1877⁵⁹ bij Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig, een uitgeverij die Van 't Hoff zijn hele verdere leven trouw zou blijven. Het leverde hem 50 mark op, uitgaande van een oplage van 1500 exemplaren.⁶⁰

In overleg met Herrmann paste Van 't Hoff de oorspronkelijke tekst op een aantal punten aan. De belangrijkste toevoeging was wellicht dat hij een aantal voorbeelden gaf van de manier waarop de structuur van een molecuul met een dubbele band zou kunnen worden opgehelderd met behulp van reacties, iets waar hij in zijn antwoord aan Buys Ballot al op had gezinspeeld. Zo vormen de twee zure groepen in de cis-vorm van het *maleïnezuur* makkelijk een interne band,⁶¹ omdat ze aan dezelfde kant van het molecuul zitten; bij de trans-vorm van het *fumaarzuur* zitten ze tegenover elkaar en is zo'n reactie onmogelijk. Verder bood de vertaling voor het eerst uitgebreide literatuurverwijzingen en zijn de figuren niet apart, maar in de tekst opgenomen. Ten

slotte had hij in een Appendix ook een aantal bouwplaten opgenomen, waarmee lezers zelf tetraëders in elkaar zouden kunnen zetten, om na ze te hebben gekleurd, zichzelf te kunnen overtuigen dat twee spiegelbeeldige moleculen elkaar niet overlappen. Van 't Hoff voegde zelfs een bouwplaat toe van een volledig onregelmatige 'asymmetrische' tetraëder, die niet eens ingekleurd hoefde te worden.

Een en ander toont eens te meer aan hoe Van 't Hoff in al zijn publicaties modellen als een uiterst doeltreffend pedagogisch hulpmiddel wist in te zetten. Eerder zagen we al dat hij de Franse vertaling naar collega's had opgestuurd, vergezeld van een setje eigenhandig in elkaar geknutselde kartonnen modellen. De grote vraag die ontstond naar deze modellen laat ook zien dat het werkte: ze maakten zijn ideeën écht beter toegankelijk.⁶² In de Engelse vertaling van *Die Lagerung* verwees Van 't Hoff daarom ten overvloede nog naar een adres in München waar andersoortige molecuulmodellen (zoals ontwikkeld door Kekulé en Von Baeyer) te verkrijgen zijn.⁶³ Het belang dat deze en andere modellen hebben gespeeld bij de ontwikkeling van de stereochemie is dan ook nauwelijks te overschatten. Afbeeldingen waren voor Van 't Hoff een belangrijk instrument om tot begrip te komen. Dat had hij van Kekulé geleerd, 'een grootmeester van de visuele voorstelling'.⁶⁴ Waar vóór Van 't Hoff structuurformules en molecuulmodellen uitsluitend een *symbolische* betekenis hadden, en de moleculen weergaven volgens de heersende conventies, kregen ze met het werk van Van 't Hoff een *iconische* betekenis, en gaven ze de moleculen weer *zoals ze werkelijk waren*.⁶⁵ Die omslag is niet zozeer het gevolg van het langzaam geaccepteerd raken van zijn theoretische overwegingen, maar van het gebruik van modellen, van een nieuwe manier om een wetenschappelijke waarheid over te brengen.⁶⁶ Modellen fungeren als 'rekwisieten in een fantasiewereld' en stellen chemici in staat om die wereld binnen te treden, om moleculen te aanschouwen, te hanteren, en te bewegen.⁶⁷

Persoonlijke ontwikkelingen



Advertentie uit 1875 waarin Van 't Hoff zijn diensten aanbiedt als bijlesleraar.

Zo was Van 't Hoff heel het jaar 1875 druk bezig zijn theorie een breder draagvlak te bezorgen, zowel in geschrifte als door het doen van onderzoek. Na zijn promotie was hij aanvankelijk weer in Rotterdam bij zijn ouders gaan wonen, maar daar hield hij het niet uit en met 100 gulden op zak keerde hij terug naar

Utrecht.⁶⁸ Hij betrok een kamer bij de weduwe Kortenbosch in de Spoorstraat – kost en inwoning voor 1 gulden per dag. Om op termijn in zijn eigen levensonderhoud te kunnen voorzien, moest hij op zoek naar betaald werk. Hij informeerde tevergeefs bij een aantal buitenlandse scheikundigen of ze misschien een positie als assistent voor hem hadden. Bij Louis Henry in Leuven was hij welkom als assistent, maar Van 't Hoff wees het aanbod af, omdat hij niet rooms-katholiek was.⁶⁹ Ook plaatste hij een advertentie, waarin hij zijn diensten aanbood voor het geven van bijles in de 'chemie en physica',⁷⁰ en solliciteerde hij in Leeuwarden, Dordrecht en Breda op een baan als leraar aan de plaatselijke hbs. Tevergeefs. Wat voor indruk hij tijdens de sollicitatiegesprekken maakte, wordt duidelijk uit een brief van de directeur van de hbs in Breda⁷¹ aan de toenmalige Inspecteur van het Middelbaar Onderwijs op 19 december 1875:

Gisteren was dr. J.H. Van 't Hoff uit Rotterdam hier. Hij had vooraf zijne dissertatie tot promotie en andere brochures gezonden waaruit blijkt, dat hij zich voornamelijk met organische scheikunde bezig heeft gehouden. [...] Hij heeft voor zoover ik zie oppervlakkig veel van een uitvinder. Hij peinst, hij is verdiept in zijn ontdekking. Deze is dat in de koolstofatomen, welke het gepolariseerde licht draaien het koolstofatoom waarschijnlijk een symmetrisch tetraëder is, waarvan de hoekpunten de richting der affiniteiten aanwijzen. Zijn voorkomen is slordig. Collega's die hem in de sociëteit zagen teekenden een protest aan tegen coöptatie, zeggende dat is geen man voor Breda. Ik vrees, dat hij zeer verstrooid zal zijn en dat hij tobben zal met de leerlingen.⁷²

Begin 1876 kwam er een positie beschikbaar als assistent bij zijn promotor Eduard Mulder. Wat Van 't Hoff toen niet wist, was dat Mulder zijn keuze al had laten vallen op Van 't Hoff's vriend Bremer en hem per brief bij de curatoren had aanbevolen. Bremer mocht dan weliswaar al wat ouder zijn, maar met zijn proefschrift had hij zich volgens Mulder op unieke wijze onderscheiden:

Als gevolg van eene voorlopige mededeling in een buitenlands tijdschrift veroorzaakten de uitkomsten zijner waarnemingen eenige sensatie in een kring van scheikundigen te Parijs, en had daarover in de Société Chimique eene discussie plaats, het gevolg waarvan was, dat de beroemden Berthelot vroeg om nadere inlichtingen, die door den Heer Bremer werd verstrekt. Zulk een feit mag wel niet onopgemerkt voorbijgaan.⁷³

Het zal duidelijk zijn dat het hier het werk van Bremer aan het appelzuur betrof, waar Van 't Hoff een zeer grote rol in had gespeeld. Hij werd echter in deze

aanbeveling volledig genegeerd. Zo werd begin maart 1876 niet hij, maar Bremer voorgedragen bij de minister en benoemd.⁷⁴ Hoewel we eerder zagen dat Van 't Hoff zich er tien jaar later nóg over kon opwinden dat dit assistentschap aan zijn neus voorbij was gegaan, was de reden dat hij was gepasseerd een heel andere: zonder dat hij dat wist, was hij in diezelfde periode namelijk in de race voor een veel prestigieuzer positie.

In januari was namelijk de Utrechtse hoogleraar chemie Van Kerckhoff overleden, en de curatoren hadden besloten om zijn positie te splitsen, aangezien onderwijs en onderzoek te veelomvattend waren geworden om daarmee een enkele hoogleraar te belasten. Eduard Mulder zou zo gewoon hoogleraar in de organische scheikunde worden, terwijl er voor de andere positie een aantal kandidaten was.⁷⁵ Van hen was Hendrik Cornelis Dibbits, een leerling van Gerrit Jan Mulder, de vader van Eduard, de gedroomde kandidaat. Jan Willem Gunning, hoogleraar scheikunde aan het Athenaeum Illustre in Amsterdam, vond men te oud, Rudolph Tjaden Modderman, hoogleraar scheikunde in Groningen, had nog niks gepresteerd, Hendrik Wefers Betsink was niet geschikt voor het hoger onderwijs⁷⁶ en Cornelis Bellaar Spruyt was niet met hart en ziel chemicus. Van 't Hoff werd echter als een veelbelovende outsider gezien. Zo schreef Donders: 'Geniaal en van groote verwachting is Dr. J.H. van 't Hoff, in 1874 gepromoveerd. Maar hij is nog te jong en soms wel wat abnormaal.'⁷⁷ Later zou Donders zich tegenover Van 't Hoff ook nog hebben laten ontvallen 'dat ik het had gehaald als ik mij bij de faculteit aangenaam had weten te maken.'⁷⁸ Hierbij doelde hij waarschijnlijk op zijn proefschrift, met de verwijzingen naar het lidmaatschap van de Australian Club en de afbeelding van Van 't Hoff's favoriete kroeg. De uitspraak van Donders kwam hard aan. Van 't Hoff zou er in latere jaren nog verscheidene malen en steeds vol verontwaardiging op terugkomen.

Dibbits werd als eerste op de voordracht geplaatst. Zijn bekwaamheden waren opnieuw volgens Donders 'buitengewoon', hij was 'helder van hoofd', 'nauwgezet' en wijdde zich uitsluitend aan de chemie, ook al was 'de eerste indruk die Dibbits teweegbrengt niet zoo innemend als voor anderen'. Buys Ballot was 'van hetzelfde gevoelen' en ook Eduard Mulder vond Dibbits 'kundig'.⁷⁹ Voor de curatoren restte dan ook niet veel méér dan een tweede kandidaat te kiezen, opdat de minister niet voor een voldongen feit werd gesteld. In hun vergadering van 4 maart besloten ze dat Van 't Hoff daarvoor niet in aanmerking kwam: als leerling van Eduard Mulder was hij 'ook diens richting [...] toegedaan, en [men vindt] dat ook een andere richting dan de synthetische aan de Hoogeschool moet vertegenwoordigd worden'.⁸⁰ Gezien het onderwerp van Van 't Hoff's proefschrift was dat juist. De curatoren konden immers niet weten dat Van 't Hoff een totaal nieuwe richting in de chemie zou grondvesten. Ook zou het te ver gaan hen een gebrek aan inzicht te verwijten, want op dat moment waren zijn ideeën over de ruimtelijke structuur

van moleculen, die later de grondslag zouden vormen voor de stereochemie, nog lang niet algemeen geaccepteerd. En zo viste Van 't Hoff in Utrecht tot twee keer toe achter het net.

Toch kwam het nog goed. De in Utrecht gevestigde Rijksveeartsenijschool was namelijk op zoek naar een assistent om de leraar natuurkunde en scheikunde te ontlasten. Het was de directeur zelf, Theodorus Hendrik MacGillavry, die Van 't Hoff daarop wees en hem aannam. Het leverde hem ook nog een extraatje op. MacGillavry wilde de assistenten aan zijn school hetzelfde salaris bieden als de assistenten die op de Utrechtse Universiteit werkzaam waren, een jaarwedde van 1000 gulden. Maar omdat hij wist dat de minister dikwijls afdong, vroeg hij iets meer, waarna zijn aanvraag ongewijzigd werd goedgekeurd. Hierdoor kregen jarenlang de assistenten aan de Rijksveeartsenijschool f 200 meer dan die aan de Universiteit.⁸¹ Van 't Hoff werd per 1 maart 1876 voor een periode van drie jaar benoemd.⁸² Feitelijk nam hij alle lessen natuurkunde over: 's zomers vier keer per week van 8-9 uur en 's winters zes keer (ook op zaterdag) van 9-10 uur voor een gehoor van zo'n twintig studenten. MacGillavry en Van 't Hoff lagen elkaar goed. MacGillavry vroeg Van 't Hoff bijvoorbeeld regelmatig om een privatissimum om zijn roestige kennis op scheikundig gebied wat bij te spijkeren. Toen de twee daar op een ochtend in verdiept waren en er plotseling een bediende binnenkwam, kreeg Van 't Hoff last van vervangende schaamte: 'Hoort het wel dat de bedienden weten dat de assistent de directeur bijles geeft?' Maar toen MacGillavry daar geen enkel probleem mee bleek te hebben, liet Van 't Hoff zijn schuchterheid varen.⁸³

Samen richtten ze een halfjaar later het Maandagavondgezelschap op, een discussieclub in Utrecht waar ook Bremer en Van 't Hoff's voormalige kamergenoot uit Delft, Marinus Beijerinck, deel van uitmaakten. Beijerinck was na een doctoraalexamen in de botanie in Leiden leraar geworden aan de hbs in Utrecht, maar vertrok later naar de Landbouwhoogeschool in Wageningen.⁸⁴ MacGillavry werd voorzitter en Van 't Hoff secretaris, 'die zich belast met het houden van notulen, minstens 24 uur vooraf aan alle leden kennis geeft van elke bijeenkomst, de financiële belangen regelt, en het archief bewaart'.⁸⁵ De regels waren simpel: tijdens de zittingen op de eerste en derde maandag van de maand hield een van de leden een vrije voordracht, waarna er discussie volgde en de avond werd afgesloten met mededelingen van elk der leden. Er werd van alle leden een kleine bijdrage gevraagd om te voorzien in de consumpties. De volgorde van de voordrachten was bij loting bepaald. De onderwerpen weerspiegelden de achtergrond van de deelnemers, rijp en groen door elkaar: 'Wondbehandeling', 'De geslachtsgeneratie der Marattiaceën', 'Samendrukbaarheid van gassen', of 'Chlorophyll'. Van 't Hoff sprak op 18 december over 'Beschouwingen van Spring over elektriciteit' en behandelde op 4 februari 1877 'Een apparaat voor het opvangen van stikstof'. Over dat laatste onderwerp publiceerde hij ook een artikel in het *Maandblad voor Natuur-*

wetenschappen.⁸⁶ Aanvankelijk telde het Gezelschap acht leden, maar daarvan vertrokken er in het eerste jaar al een paar, onder wie ook Van 't Hoff en MacGillavry.⁸⁷ Het heeft derhalve niet veel gescheeld of het gezelschap was ter ziele gegaan. Maar dat viel mee; het gezelschap werd pas in 1967 opgeheven.

Dat Van 't Hoff in de periode waarin hij verbonden was aan de Rijks-veeartsenijschool ook nog artikelen kon publiceren, kwam omdat hij vanwege zijn geringe onderwijslast volop tijd over had om in een houten bijgebouw eigen onderzoek te doen. Bovendien stond MacGillavry hem toe voor zo'n 1500 gulden aan apparatuur aan te schaffen, een niet onaanzienlijke som in die dagen, ongeveer de helft van het jaarbudget voor het scheikundig laboratorium in Amsterdam.⁸⁸ De resultaten van zijn werk publiceerde hij meestal eerst in het *Maandblad voor Natuurwetenschappen* en daarna soms ook in de *Berichte*. Het mogen dan misschien geen wereldschokkende artikelen zijn geweest, maar het waren er wel veel (zeven in 1876, en drie in de eerste helft van 1877).⁸⁹ Zo liet hij in elk geval zien dat hij actief was en dat hij zich met allerlei aspecten van de scheikunde bezighield. Nog belangrijker was dat hij zich op deze manier onder de aandacht bracht van de eerdergenoemde Jan Willem Gunning, die ook redactielid was van het *Maandblad*. Die zou hem in oktober 1877 naar Amsterdam halen, nadat het Athenaeum Illustre formeel de status van universiteit had gekregen. Maar voor het zover was, kwam er nog een uiterst vervelende reactie uit Duitsland.

De aanval van Kolbe

Eerder hebben we gezien hoe Kekulé en anderen in Duitsland in de jaren na 1860 de chemische wereld met hun structuurtheorie op zijn kop zetten en orde wisten te scheppen in de veelheid van mogelijke chemische structuren. Toch waren ze er nog niet in geslaagd iedereen te overtuigen, want met name een oude garde, aangevoerd door de hoogleraar chemie in Leipzig, Hermann Kolbe, zag niets in Kekulé's 'speculatieve' ideeën en liep met name te hoop tegen het al te makkelijk gebruik van molecuulformules. Dat waren alleen maar mooie plaatjes, leuk voor studenten, maar niet voor serieuze scheikundigen.⁹⁰ In een brief aan de Britse chemicus Edward Frankland schreef hij:

Ik beschouw al die beeldende voorstellingen als niet passend bij deze tijd en ook als gevaarlijk; gevaarlijk om die reden dat daarmee de fantasie te veel speelruimte krijgt, zoals bijvoorbeeld bij Kekulé zijn fantasie al lang met zijn verstand op de loop is gegaan. Het is onmogelijk, en het zal ons ook nooit lukken om inzicht te krijgen in de ruimtelijke verdeling van de atomen. Laten we er daarom ook voor waken ons daarvan een beeld te verschaffen, net als de Bijbel ons maant geen aanschouwelijke voorstelling van God te maken.⁹¹

Tien jaar na deze woorden was Kolbe nog altijd vol vuur. In zijn eigen *Journal für praktische Chemie* beklagde hij zich in september 1876 onder de titel 'Zeichen der Zeit' tegenover zijn lezers over de bedroevende staat waarin de Duitse chemie volgens hem terecht was gekomen. Exacte wetenschap had steeds meer plaatsgemaakt voor 'vage naturphilosophische Speculation und inhaltloser Schematismus'.⁹² Nee, dan Frankrijk, daar was het allemaal veel beter. Daar hield men zich verre van speculaties over valenties en over de manier waarop atomen met elkaar verbonden waren. Om zijn stelling te illustreren dat het de meeste jonge scheikundigen aan een degelijke chemische en ook algemene ontwikkeling ontbrak, nam hij een net verschenen artikel uit *Liebig's Annalen* en brak dat stelselmatig af.⁹³ In zijn ogen was dit een teken des tijds!

In een volgend artikel, van 31 mei 1877, wilde Kolbe nog eens zijn punt maken tegenover hen die vonden dat het allemaal wel meeviel en dat hij overdreef. Dit keer nam hij een ander geschrift tot voorbeeld, de toen net verschenen Duitse vertaling van Van 't Hoff's brochure, 'een van fantastisch geneuzel overlopende tekst', die hij normaal gesproken genegeerd zou hebben als niet een bekende Duitse chemicus (Wislicenus) deze warm aanbevolen had.⁹⁴ Omdat hij het zo overduidelijk bij het verkeerde eind had, is Kolbes zeer persoonlijke aanval op de auteur en zijn collega wereldberoemd geworden, en zou hij Van 't Hoff's naam voorgoed vestigen. Er zal later geen artikel over hem en zijn werk verschijnen zonder dat deze kwestie even wordt aangehaald, vaak onder letterlijke weergave van Kolbes woorden:

Ene dr. J.H van 't Hoff, werkzaam aan de Veeartsenijschool te Utrecht, heeft klaarblijkelijk geen zin in exact chemisch onderzoek. Hij vindt het comfortabeler om Pegasus te bestijgen (zeker van de Veeartsenijschool geleend) en in zijn 'la chimie dans l'espace' te verkondigen hoe hem, vanaf de met koene vlucht beklommen chemische Parnassus, de atomen in de ruimte gerangschikt verschenen zijn.

Kolbe kon er met zijn verstand niet bij dat twee jonge scheikundigen, Van 't Hoff en de vertaler Herrmann, het gedurfd hadden een antwoord te formuleren op een van de moeilijkste problemen die de chemie kende: de vraag naar de ruimtelijke structuur van moleculen. En om het nog erger te maken was de een afkomstig van een Veeartsenijschool en de andere van een landbouwkundig instituut! Toch moest vooral Wislicenus het ontgelden, omdat hij in zijn voorwoord de theorie van Van 't Hoff van harte had onderschreven. Daarmee was hij volgens Kolbe uit de rijen van de exacte wetenschappers getreden en naar het kamp der 'Naturphilosophen' overgelopen, 'dat slechts door een dunne scheidslijn van de spiritisten is gescheiden'.⁹⁵

Kolbes grootste probleem met *Die Lagerung* was dat hij het *principieel*



De Duitse chemicus Hermann Kolbe (1818-1884) die een felle polemiek voerde tegen de ideeën van Van 't Hoff over de ruimtelijke structuur van moleculen.

onmogelijk achtte een uitspraak te doen over de ruimtelijke rangschikking van atomen. Maar hij had ook een groot bezwaar tegen het sterk hypothetische karakter van Van 't Hoff's theorie. Het asymmetrisch koolstofatoom was niet het resultaat van gedegen theorievorming op basis van een serie betrouwbare experimentele waarnemingen, maar werd simpelweg geponeerd, om vervolgens vast te stellen dat een aantal observaties er mee in overeenstemming was.⁹⁶ Maar van dit soort op zich redelijke, inhoudelijke bezwaren was in Kolbe's stuk niets terug te vinden. Zijn aanval was zó buiten alle proporties, zó persoonlijk, maar vooral zó inhoudsloos dat het niet als serieuze kritiek op de ideeën van Van 't Hoff kon worden beschouwd.⁹⁷ Dat Kolbe ook door anderen niet meer serieus genomen werd, toont een briefkaart die Van 't Hoff in juni 1877 uit Duitsland ontving van zijn Utrechtse medestudent en latere directeur van de Rijksveeartsenijschool, J.D. van der Plaats, die daar toen werkzaam was:

Inzake Kolbe: men (Baeyer, Hofmann enz.) hebben plan gehad een protest openbaar te maken, om het buitenland te overtuigen, dat Kolbe's mening niet die der Duitsche chemici is. Bij nader inzien vond men zooiets echter onnoodig. Toen ik met Lossen sprak over de beste wijze om Kolbe te antwoorden zei L: 'Wer antwortet dann einen Verrückten?!'⁹⁸

Verder stak ook Adolphe Wurtz vanuit Parijs Van 't Hoff een hart onder de riem:

Ik heb met aandacht en interesse uw 'Chimie dans l'espace' gelezen en wat meneer Berthelot er ook van zegt en ook meneer Kolbe die u heeft aan-

gevallen, zie ik dat er zich daar een nieuwe weg heeft geopend waarvan het ongetwijfeld goed is die met enige voorzichtigheid te betreden, zij het met een volharding die de tot nu toe behaalde resultaten schijnen te rechtvaardigen.⁹⁹

Wurtz liet Van 't Hoff tegelijk weten dat hij een aanbevelingsbrief naar Amsterdam had gestuurd om Van 't Hoff's benoeming daar als lector te ondersteunen, waarover later meer.

Ook Wislicenus reageerde op Kolbes kritiek, zij het in stilte, door middel van een lange, indrukwekkende en ook emotionele persoonlijke brief aan Kolbe. Hij liet Kolbe weten dat hij het jaar ervoor al gewaarschuwd was dat hij bij hem op een zwarte lijst stond en dat er een reactie aan zat te komen, maar ook dat hij ervan overtuigd was de tegenstellingen die er tussen Kolbe en hem bestonden uit de weg te kunnen ruimen. Na lezing van Kolbes reactie was hem die hoop ontnomen. Kolbe had immers overduidelijk niet de moeite genomen om met serieuze kritiek te komen. Sterker nog: 'U kunt onmogelijk het werkje van Van 't Hoff hebben bestudeerd.' En dat stak hem. Wie kritiek had op de denkbeelden van anderen diende zich tenminste eerst daarin grondig te verdiepen.

En niet met de ban der gedachteloosheid weloverwogen hem niet welgevallige opvattingen van anderen te brandmerken. Ik betreur het dat de misschien niet opzettelijke, maar feitelijk persoonlijke grofheid van uw aanvallen de morele inhoud van uw beweringen bijna volledig krachteloos gemaakt heeft.¹⁰⁰

Verder verdedigde hij zich tegen Kolbes bewering dat hij de rangen der exacte wetenschappers zou hebben verlaten: 'Mijn wetenschappelijke ideeën kunnen veranderen en hebben dat in verschillende opzichten ook al gedaan. Maar zulke veranderingen hebben zich alleen voorgedaan op basis van feiten.' Daar kon Kolbe het mee doen. Jaren later zou Wislicenus genoegdoening krijgen, want toen Kolbe in november 1884 overleed, zou uitgerekend hij het jaar daarop als zijn opvolger worden benoemd.

Grote vraag was hoe Kolbes woorden bij Van 't Hoff aankwamen. Helaas zijn de brieven waarin hij daarover aan zijn ouders vertelt niet bewaard gebleven, we kunnen (opnieuw) alleen indirect iets proberen op te maken uit de wél bewaarde antwoordbrieven van zijn ouders. Die lieten weten dat het bericht van het verschijnen van het artikel 'het huis in beweging [heeft] gebracht'.¹⁰¹ Natuurlijk, enige kritiek was te verwachten, maar 't hangt er nu maar van af hoe de vennootschap Wislicenus, Herman, Van 't Hoff er met hunne boeken bij staat, of hun kas in orde is om zoo'n wissel te accepteren en te hono-

rereren'. Zijn vader schreef verder dat Van 't Hoff nu gekregen had waar hij zo lang op had zitten wachten, niet wetende dat Kolbe nauwelijks inhoudelijke kritiek had geleverd, maar zuiver op de man had gespeeld. In een latere brief, toen hem dat inmiddels wél duidelijk was geworden, raadde hij zijn zoon aan kalm te blijven en Kolbe niet op zijn beurt te kwetsen, 'maar U zelf' te doen stijgen zoo in de algemeene als in zijne schatting; zoo wel de wetenschappelijke als leek zie in die beantwoording dat Uwe persoonlijkheid eene waardige is en gij Uwe paarden meester zijt ook al berijdt ge Uw' pegasus niet'.¹⁰² Van 't Hoff's reactie was even terughoudend als prachtig, en verscheen in een kort artikel in de *Berichte*, waarin hij zijn theorie nog eens uiteenzet. Maar voordat hij daartoe overging, nam hij eerst de gelegenheid voor een korte mededeling:

Een theorie die tot nu toe met geen enkel feit in tegenspraak is, laat zich ter verdere beoordeling alleen experimenteel toetsen. Als nu iemand, zij het ook een voor de chemie verdienstelijk man als Kolbe, vindt dat een chemicus zich niet met getheoretiseer moet inlaten, omdat hij nog onbekend is en aan een veeartsenijschool verbonden is, [...] dan ben ik van mening dat een dergelijke manier van doen gelukkig niet als een teken des tijds, maar als bijdrage tot het inzicht in een individu moet worden gezien.¹⁰³

Ten slotte sprak ook Kekulé zich uit over deze kwestie. Hij deed dat bij zijn aantreden als rector van de Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn in oktober 1877, in een rede die was gewijd aan de wetenschappelijke doelen en prestaties van de chemie. Natuurlijk had hij het daarin voornamelijk over zijn eigen structuurtheorie, maar tegen het eind van zijn verhaal noemde hij 'de door Le Bel ontwikkelde en door Van 't Hoff verder uitgewerkte [sic] hypothese van het asymmetrisch koolstofatoom', die weliswaar niet de lof van Wislicenus, maar zeker ook niet de hoon van Kolbe verdiende.¹⁰⁴ Dat mag wat magertjes lijken, maar wat Kekulé werkelijk dacht, zou pas duidelijk worden toen er zich een discussie ontspon tussen hem en Hermann Kolbe, twee grootheden van de Duitse scheikunde.

Op 31 december 1878 publiceerde het *Journal für praktische Chemie* een vertrouwelijke brief.¹⁰⁵ Hij was gericht aan professor Kolbe persoonlijk, maar die liet weten de inhoud ervan zo leerzaam te vinden, dat hij toch tot publicatie was overgegaan, onder verzwijging van de naam van de auteur, een zekere dr. R. De auteur was echter Kolbe zélf, die met een parodie op de structuurtheorie een directe aanval deed op Kekulé. Daar leek het helemaal niet op in de eerste alinea's van het stuk. Daarin stelde dr. R. dat Kolbes negatieve oordeel over Van 't Hoff's *Die Lagerung der Atome* niet alleen onrecht deed aan de auteur ervan, maar ook bevestigde dat Kolbe niet langer in staat was de nieuwste bevindingen van de chemie op waarde te schatten. Hij

kwam tot dit harde oordeel op basis van Kekulé's positieve oordeel over de 'Van 't Hoff'sche Theorie' in diens onlangs uitgesproken rede, een oordeel dat naar zijn overtuiging nog veel positiever zou zijn geweest als Kekulé niet het gevoel had gehad 'dat zijn ster door de aan de chemische horizon opkomende van 't Hoffse zon zou worden verduisterd'.¹⁰⁶ Maar dan komt de aap uit de mouw. Dr. R. gaf toe zelf maar bar weinig te snappen van wat er in *Die Lagerung* beweerd werd, maar uitsluitend op basis van Kekulé's verdediging van Van 't Hoff aan te nemen dat er wel iets in moest zitten. Hiermee parodiëerde Kolbe dus in dr. R. de slaafse navolging van Kekulé van veel van zijn collega's, die onder het mom van 'Sinn ist drinn' aanhangers waren geworden van de 'Phantasiemalereien' van Van 't Hoff.

Het zal de welingelichte lezer niet zijn ontgaan wie er achter dr. R. schuilging. Daarom móest Kekulé wel reageren. Onwetendheid veinzend stuurde hij op zijn beurt een brief aan Kolbe met het verzoek deze onder zijn naam te publiceren, omdat hij met een steek onder water richting Kolbe vond dat 'ieder die zichzelf respecteert, ook de moed moet hebben verantwoording voor zijn daden en woorden te nemen'.¹⁰⁷ Kalm zette hij uiteen wat dr. R. allemaal niet snapte, maar simpelweg op zijn gezag zei aan te nemen, om te eindigen met de prachtige zin: 'Als u nu nog steeds opbiecht dat u de grondgedachte achter de hypothese van Le Bel en Van 't Hoff niet doorheeft, dan blijft er niets anders over dan uw begripsvermogen in twijfel te trekken'.¹⁰⁸ Kolbe publiceerde de brief, maar liet deze strategisch voorafgaan door een eigen stuk waarin hij de rectoraatsrede van Kekulé, en daarmee natuurlijk dienst structuurtheorie, fel bekritiseerde. Het was weer een typisch Kolbe-stuk, vol ongefundeerde kritiek op zowel de inhoud ('wilde fantasieën zonder reële basis' en een 'verzameling van grote stijl- en denkfouten') als de persoon ('ik heb me daarom herhaaldelijk afgevraagd of Kekulé wel beschikt over de algemene ontwikkeling en scholing zoals gymnasia die bieden').¹⁰⁹ De Duitse wetenschappelijke wereld was geschokt over zo'n ongepaste reactie en concludeerde dat Kolbe zijn verstand verloren had.¹¹⁰

Zo werd de aanval van Kolbe een zegen voor Van 't Hoff. Veel later kwam hij daar in een brief aan Arrhenius nog eens op terug:

In het geval van de stereochemie heb ik in het begin met Kolbe en met Berthelot gediscussieerd en dat haalde niets uit. Toen ben ik andere dingen gaan doen en heb over het tetraëder mijn bakkes gehouden, en tegenwoordig gaan de meesten verder dan ikzelf.¹¹¹

Die discussie over zijn ideeën was er immers toch wel gekomen, al zou de feitelijke erkenning van de juistheid ervan en daarmee de grondvesting van het vakgebied der *stereochemie* pas in de loop van de jaren tachtig zijn beslag krijgen.¹¹² Dat dit zo betrekkelijk lang op zich heeft laten wachten, zou te ma-

ken kunnen hebben met het adagium van Planck, dat een nieuwe wetenschappelijke theorie geen ingang vindt door haar tegenstanders te overtuigen, maar dat die tegenstanders simpelweg uitsterven en de nieuwe theorie pas wordt overgenomen wanneer een nieuwe generatie er vertrouwd mee raakt.¹¹³ Ook Wislicenus had zich op soortgelijke wijze hierover uitgesproken in de tweede editie van de Duitse vertaling.¹¹⁴

Voor Wislicenus, die jarenlang geworsteld had met het probleem van het melkzuur, kwamen de ideeën van Van 't Hoff als geroepen; eindelijk begreep hij hoe het melkzuurprobleem in elkaar stak. Kolbe daarentegen hield vast aan zijn achterhaalde standpunten, wilde zijn gelijk halen en schroomde de persoonlijke aanval niet wanneer hij geen gelijk kreeg. Hij was een uiterst lastig man, zelfs in de nominatie voor zijn toetreding tot de Pruisische Akademie van Wetenschappen werden zijn moeilijke karakter en de onstuimige manier waarop hij anderen tegemoet trad en kritiek leverde vermeld.¹¹⁵ Zeker ook hebben wetenschapsfilosofische overwegingen een belangrijke rol gespeeld. Rocke heeft betoogd dat in de late jaren dertig van de negentiende eeuw, toen Kolbe zijn opleiding kreeg, het positivisme op brede schaal voet aan de grond kreeg binnen de chemie.¹¹⁶ Uitsluitend waarneembare, meetbare verschijnselen dienden tot uitgangspunt te worden genomen van theorieën. Daarbij waren Kolbes voornaamste leermeesters Wöhler en Bunsen sowieso al niet erg theoretisch georiënteerd. De ontwikkeling van de structuurchemie ging daarmee al grotendeels aan hen voorbij – en Kolbe wachtte zelfs ‘met hooggestemd vertrouwen’ op het instorten van die theorie.¹¹⁷ De speculatieve ideeën van Van 't Hoff waren hem daarom een gruwel. Hij zou daar tot het bittere einde aan blijven vasthouden. In een artikel waarin hij zijn eigen rol in de ontwikkeling van de theoretische chemie beschrijft, citeert hij met veel genoegen een brief die hij ooit ontving van de grote Zweedse chemicus Berzelius, waarin deze hem op het hart drukt verder te gaan met ‘onze wetenschap te verrijken’. Voor Kolbe was deze aansporing ‘een talisman geweest tegen elke verleiding om mijn oor te lenen aan bedrieglijke hypothesen, zoals die van het ingeeelde inzicht van de ruimtelijke ligging van atomen in een molecuul’.¹¹⁸

Het is goed hier te vermelden dat dit in zekere zin voor veel chemici en fysici in de negentiende eeuw gold. Men beschouwde de atoomtheorie eerder als een handig instrument om bepaalde verschijnselen te verklaren dan dat men daadwerkelijk geloofde in het bestaan van atomen en moleculen als reële materiedeeltjes. Over dat laatste konden eenvoudig geen zinnige uitspraken worden gedaan. Kekulé schreef bijvoorbeeld:

De vraag of atomen al dan niet bestaan doet er vanuit chemisch standpunt weinig toe: discussie erover behoort tot het gebied der metafysica. In de chemie moeten we alleen maar vaststellen of de atoomhypothese van nut is voor de verklaring van chemische verschijnselen.¹¹⁹

Zoals we eerder zagen, maakte hij net als veel van zijn collega's onderscheid tussen chemische atomen, die deelnemen aan omzettingen in chemische reacties, en fysische atomen, de ondeelbare materiedeeltjes, waarover dus niets met zekerheid te zeggen was. Opvallend is nu dat juist in Nederland twee natuurwetenschappers hier anders over dachten: naast Van 't Hoff nam ook Johannes Diderik van der Waals in zijn beroemde proefschrift uit 1873 de fysische werkelijkheid van atomen en moleculen volkomen serieus. Hij zei daarover in zijn Nobellezing van 1910: 'Het zal wel duidelijk zijn dat ik bij al mijne onderzoekingen van de realiteit van het bestaan der moleculen volkomen overtuigd was. Dat ik deze nooit beschouwd heb als hersenschimmen [...]. Ik heb hen beschouwd als de eigenlijke lichamen.'¹²⁰

Dat ging veel van beider oudere collega's in Nederland veel te ver. De hoogleraar scheikunde in Groningen (en later in Utrecht) Van Kerckhoff was van mening dat de atoomtheorie 'toch den toets eener gezonde kritiek, die waarneming als de eenige bron van wezenlijke kennis aanmerkt, [niet kon doorstaan]'.¹²¹ In zijn oratie bij zijn aanstelling in Utrecht zei hij later dat 'De ligging der atomen in de ruimte ten opzichte van elkaar eene vraag [is], die op dit oogenblik voor chemisch onderzoek ontoegankelijk is'.¹²² Ook zijn Utrechtse collega Eduard Mulder was sceptisch over het bestaan van atomen. Daarentegen stond Franchimont, als vertegenwoordiger van de jongere generatie, er meer voor open. In zijn oratie van 2 mei 1874 schreef hij: 'We weten hoe de atomen aaneengeschakeld zijn, maar hunne ligging ten opzichte van elkaar in de ruimte is ons onbekend. Het vereischt niet veel nadenken om in te zien dat met deze ligging vele chemische en physische eigenschappen in verband kunnen staan'.¹²³ Franchimont, die net als Le Bel en Van 't Hoff bij Wurtz in Parijs gestudeerd had, spreekt dan het vermoeden uit dat door de bestudering van moleculaire kristallen de onderlinge ligging van atomen in een molecuul kan worden bepaald. Hij ziet zelfs een mogelijk verband tussen structuurformules van moleculen en hun optische eigenschappen. Omdat dit soort ideeën vooruit lijken te wijzen naar het werk van Le Bel, zou het heel goed kunnen zijn dat de twee hierover in Parijs met elkaar gesproken hebben.

Een van de weinigen van de oude garde die de atoomtheorie wél van harte omarmde was Jan Willem Gunning. In zijn leerboek heet het dat 'de atomen zelve de laatste, werkelijk elementaire bestanddeelen [zijn] der lichamen'.¹²⁴ Het is dus geen wonder dat hij openstond voor de denkbeelden van Van 't Hoff. Hij leerde hem nader kennen via de reeks van artikelen in het *Maandblad voor Natuurwetenschappen* en droeg hem in oktober 1876 voor als lid van het Genootschap ter Bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde, Van 't Hoffs eerste lidmaatschap van een vakgenootschap. Maar veel belangrijker was dat diezelfde Gunning begin 1877 alles op alles zette om Van 't Hoff als lector in de scheikunde naar Amsterdam te halen, waar het Athenaeum Illustre een volwaardige universiteit was geworden. Daarmee

begon Van 't Hoff langzamerhand erkenning te krijgen voor zijn ideeën, en lag een mooie universitaire benoeming in het verschiet. In 1877 leken al zijn problemen te zijn verdwenen.

Amsterdam 1877-1895



5 Verbeeldingskracht in Amsterdam

Fantaisie en wetenschappelijk oordeel geven waarheid. – J.H. van 't Hoff¹

Eindelijk: een Amsterdamse universiteit

Zelden zal de behandeling van een wetsvoorstel in de Tweede Kamer zó veel aandacht hebben gekregen in Amsterdam als die van de Wet op het Hoger Onderwijs in maart 1876. Grote vraag was of de stad een heuse universiteit zou krijgen (naast de drie rijksuniversiteiten van Leiden, Utrecht en Groningen) of niet. Toen op 21 maart duidelijk werd dat de regering het amendement accepteerde dat Amsterdam het recht toekende om zijn Athenaeum Illustre tot een volwaardige universiteit te verheffen, barstten er overal in de stad spontaan feesten los. En die werden nog eens dunnetjes overgedaan toen de Eerste en Tweede Kamer eind april de wet met grote meerderheid aannamen en koning Willem III deze in het Paleis op de Dam bekrachtigde tijdens zijn jaarlijkse bezoek aan de stad.² Een eigen universiteit was een lang gekoesterde wens geweest van de bestuurders van de stad en het Athenaeum. De opheffing van de Klinische School had in 1867 tot een reorganisatie van het onderwijs aan het Athenaeum geleid, waarbij een nieuwe natuur- en geneeskundige afdeling tot stand was gekomen. Een van de gevolgen daarvan was dat de hoogleraren in die nieuwe afdeling geen collegegelden van studenten meer mochten innen, maar een hogere jaarwedde ontvingen. Hun collega's in andere faculteiten (letteren, theologie, rechten etc.) bleven wel afhankelijk van het innen van collegegelden, waardoor studenten in die betreffende richtingen in Amsterdam soms wel twee keer zoveel moesten betalen voor hun studie als aan de rijksuniversiteiten en bijgevolg daarnaar uitweken. Vanaf het begin van de jaren zeventig ontstond zo al snel een scheve verhouding binnen de studentenpopulatie, omdat de instroom van nieuwe studenten voor meer dan driekwart uit aanstaande artsen en apothekers bestond.³

Keer op keer werd dan ook de noodzaak tot een reorganisatie in de gemeenteraad benadrukt, maar daarvoor diende volgens B&W eerst een nieuwe landelijke regeling van het hoger onderwijs te worden afgewacht. Het ging immers niet alleen om een nieuwe opzet van het onderwijs. Het Athenaeum had ook een achterstand ten opzichte van de rijksuniversiteiten, doordat deze nog altijd het privilege hadden op het afnemen van examens. Toen verschillende wetsontwerpen om daar een einde aan te maken het niet haalden, trok Amsterdam het initiatief naar zich toe om het Athenaeum te verheffen tot een universiteit. Men voerde aan dat ook in Brussel en Londen universiteiten

< Johanna Francina (Jenny) Mees (1853-1935) ten tijde van haar huwelijk met Van 't Hoff.

waren gesticht zonder dat de nationale overheid daaraan te pas was gekomen.⁴ Onder aanvoering van het kersverse gemeenteraadslid Gijsbert van Tienhoven, die in 1873 uit frustratie over het uitblijven van zo'n verheffing ontslag had genomen als hoogleraar in de rechten, werd de druk op regering en Tweede Kamer opgevoerd. Amsterdam diende als zichzelf respecterende grote stad een eigen universiteit te hebben. De economie was in een stroomversnelling geraakt, allerlei infrastructurele projecten zoals de aanleg van het Noordzeekanaal en de bouw van het Centraal Station waren in gang gezet. Van Tienhoven, inmiddels wethouder van Financiën geworden, betoogde dat de stad zelf wel een universiteit kon bekostigen.⁵

Dat bleek moeilijk te verwezenlijken buiten een wettelijk kader, dat onder meer voorzag in de koninklijke bekrachtiging van de benoeming van hoogleraren en de aanwijzing van universitaire bestuurders. Nadat die voorwaarden met enige moeite door de gemeenteraad waren geaccepteerd, stond niets de stichting van een universiteit in de weg. B&W waren in elk geval erg ambitieus en wilden laten zien dat het ze met de universiteit menens was: de gemeenteverordening op de universiteit die uiteindelijk op 19 april 1877 werd aangenomen, bevatte maar liefst zeventien vakken die niet alle wettelijk waren voorgeschreven, dat alles om de zonen van Amsterdamse kooplieden het voorrecht te verschaffen '[zich] gedurende eenige jaren van hun leven te baden in de meest vrije studie'.⁶ Volgens het Organiek Besluit van 1815, de voorganger van de wet van 1876, werden hoogleraren op voordracht van curatoren door de Koning benoemd *in een faculteit*, en dus niet met een bepaalde leeropdracht of op een bepaalde leerstoel. Zo hadden curatoren de vrijheid om het onderwijs naar eigen inzicht in te richten.⁷ Die vrijheid werd met de Wet op het Hoger Onderwijs ingeperkt. De staat eiste meer bevoegdheden en hoogleraren werden voortaan in een bepaald vak benoemd. Het betekende het einde van de tot dan toe veelal veel te brede leeropdrachten, en een impuls tot specialisatie. Dit maakte een grote uitbreiding van het wetenschappelijk personeel noodzakelijk om de nieuwe universiteit tot bloei te brengen: men diende een aantal 'bekwame, wetenschappelijke mannen duurzaam aan zich te verbinden', met name in de faculteiten Letterkunde en Wis- en Natuurkunde.⁸ Daarom werden de salarissen van de hoogleraren op een minimum van 4000 gulden gesteld, hetgeen hoger was dan dat van hoogleraren aan de rijksuniversiteiten. Dat salaris kon bovendien worden aangevuld uit de college- en examengelden, iets wat aan rijksuniversiteiten niet langer mogelijk was.

Eindelijk: een lectoraat

De ontwikkelingen in Amsterdam zullen ook in huize Van 't Hoff op de voet zijn gevolgd. De vraag naar onderwijzend personeel moet de ambitieuze Van 't Hoff als muziek in de oren hebben geklonken. Hij wilde méér dan zijn leaarspositie aan de Rijksveeartsenijschool, en had daartoe al overlegd met de

directeur MacGillavry, die hem had aangeraden contact op te nemen met Jan Willem Gunning, de hoogleraar scheikunde aan het Athenaeum.⁹ Gunning had Van 't Hoff leren kennen door de artikelen die deze het jaar daarvoor gepubliceerd had in het *Maandblad voor Natuurwetenschappen*. De twee hadden elkaar in maart voor het eerst ontmoet in Amsterdam en dit gesprek was goed verlopen. Gunning bleek een uiterst positieve indruk te hebben van het werk van Van 't Hoff.¹⁰ Ook vader Van 't Hoff zelf sprak zijn netwerk aan en nam in Amsterdam contact op met een aantal hoogleraren geneeskunde, onder wie J.L. Chanfleury van IJsselstein, die het werk van zoonlief ook bleek te kennen en deze adviseerde zich 'te blijven geven aan Uwe studieën; ge moest voortgaan met publiceren dan kwam alles in order'.¹¹

Van 't Hoff nam ook het initiatief om zijn twee voormalige hoogleraren Kekulé en Wurtz te vragen om een aanbevelingsbrief. Op dat moment was er alleen nog geen enkele advertentie of oproep geweest om te solliciteren. Hij vroeg zijn oude leermeesters dan ook specifiek om als aanleiding voor hun brief aan te geven dat ze vernomen zouden hebben dat er in Amsterdam een vacature zou zijn. Daarbij dienden ze hun brief te richten aan de heer Van Tienhoven, 'een man met invloed waar het de keuze van kandidaten betreft'.¹² Of dat helemaal juist was, valt te bezien, aangezien Van Tienhoven als wethouder van Financiën op dat moment *formeel* geen enkele rol speelde in het bestuur van het Athenaeum. Alleen de burgemeester van de stad was uit hoofde van zijn functie president-curator. Maar ontegenzeggelijk was Van Tienhoven wel de grote man achter de discussies met de regering. Daarom regelde vader Van 't Hoff dat een bevriende dominee in Amsterdam bij Van Tienhoven als tussenpersoon zou fungeren, indien het deze niet duidelijk mocht zijn wat de bedoeling was van de aanbevelingsbrieven.¹³ Kekulé reageerde voor zover bekend niet, maar Wurtz antwoordde Van 't Hoff op 22 juni een 'zo overtuigend mogelijke' brief aan de heer Van Tienhoven te hebben verstuurd.¹⁴ Van Tienhoven zou ook getipt zijn door de hoogleraar Donders uit Utrecht: 'Er loopen twee jongens rond [Van 't Hoff en De Vries], die kun je nú nog voor een prikkie krijgen, later niet meer'.¹⁵

Nadat Van 't Hoff eind juni al was benoemd tot lid van het Provinciaal Utrechts Genootschap van Kunsten en Wetenschappen, viel hem een maand later een wel heel onverwachte, maar uiterst vererende aanbeveling ten deel toen de keizer van Brazilië, Dom Pedro II, Nederland bezocht. Deze laatste, verlichte vorst van Brazilië, onder wiens bewind het land een periode van grote bloei doormaakte, schafte de slavernij af, stond pal voor burgerrechten en vrijheid van meningsuiting en had een grote belangstelling voor wetenschap en cultuur. Hij zette in Brazilië verschillende nationale wetenschaps- en onderzoeksinstituten op, en werd ook lid van buitenlandse akademies als de Royal Society, de Académie des Sciences en de Russische Akademie van Wetenschappen.



Keizer Dom Pedro II van Brazilië (1825- 1891) had een brede wetenschappelijke belangstelling en sprak tijdens zijn bezoek aan Nederland in juli 1877 met Van 't Hoff over diens moderne chemische inzichten.

In 1876-1877 bezocht hij eerst de Verenigde Staten en daarna een groot aantal landen in Europa. Eind juli 1877 was hij in verschillende steden in Nederland. Tijdens een bezoek aan het chemisch laboratorium in Amsterdam op zaterdag 21 juli onderhield Gunning hem over allerlei kwesties op scheikundig gebied. Toen het gesprek op hét onderwerp van die dagen kwam, het probleem van de isomerie, vertelde Gunning over de bevindingen van Van 't Hoff. De keizer was daar zo in geïnteresseerd dat hij de jonge onderzoeker persoonlijk wilde spreken tijdens zijn bezoek aan Utrecht de volgende dag. 'Ik meende U met deze mededeeling geene ondienst te doen,' zo schreef Gunning in een kort briefje.¹⁶ Zondagavond was het zo ver en onderhield de keizer zich in de Rijksveeartsenijschool met Van 't Hoff. Helemaal probleemloos verliep de ontmoeting overigens niet. De keizer zou hem namelijk aanvanke-lijk voor een amanuensis hebben gehouden, iets waarover Van 't Hoff zeer verontwaardigd was.¹⁷ Maar nadat dat misverstand uit de wereld was geholpen, ontwikkelde zich tussen de twee een aangenaam gesprek, zoals ook in een kort krantenbericht valt te lezen:

Bij zijn bezoek aan deze inrichting heeft de Keizer, naar aanleiding eener brochure van dr. van 't Hoff, *La chimie dans l'espace*, den schrijver daar ontboden, om de in genoemd werk uiteengezette inzichten omtrent isomerie toe te lichten. Bij het afscheid spoorde Z.M. den heer Van 't Hoff aan

tot voortgezette arbeid in die richting, en verzocht hij een exemplaar der Duitsche bewerking van genoemde brochure te mogen ontvangen.¹⁸

De keizer was zó onder de indruk van de kartonnen tetraëders, de modelletjes die Van 't Hoff gebruikte om zijn ideeën te illustreren, dat hij voorstelde om deze als speelgoed in de handel te brengen om bij kinderen al op jonge leeftijd scheikundige kennis bij te brengen.¹⁹

Weer was het dus Gunning die Van 't Hoff steunde en hem de kans bood om zich te laten zien. Ongetwijfeld zal hij ook achter de schermen bij Van Tienhoven een goed woordje voor zijn beschermeling hebben gedaan. Later zou hij zich dat overigens enigszins gekleurd herinneren. In een voorstel dat hij schreef aan de curatoren over de opvolging van Van 't Hoff, die in 1896 op het punt stond Amsterdam te verlaten en naar Berlijn te vertrekken, schreef hij:

Toen in 1877 bij de verheffing van het Athenaeum tot Universiteit elk studievak zich beijverde om aan de nieuwe eischen te kunnen beantwoorden, heeft de ondergeteekende, destijds alleen met chemie belast, niet maar in het algemeen versterking van leerkracht aangevraagd, maar aan Heeren Curatoren een vertoog gericht om aan te toonen dat en waarom de hier niet vertegenwoordigde physische chemie als een onmisbaar bestanddeel van de wetenschap en van het onderwijs moest worden aangemerkt, zoodat het een eisch van het oogenblik was, daarvoor een leeraar aan te stellen.²⁰

In 1877 bestond de fysische chemie alleen nog niet in de 'moderne' betekenis van het woord. Feitelijk was in de negentiende eeuw alle chemie organische chemie. De term 'physische chemie' bestond weliswaar al sinds de achttiende eeuw, maar had toen veeleer betrekking op metingen van allerlei fysische grootheden (warmte, massa, volume, druk) binnen de scheikunde door onderzoekers als Lavoisier en Dalton. Pas met de stichting van het *Zeitschrift für physikalische Chemie* in 1887 en de daaraan voorafgaande ontdekkingen van Van 't Hoff, Arrhenius en Ostwald in het midden van de jaren tachtig kreeg de fysische chemie als zelfstandige discipline meer zichtbaarheid.²¹

Hoe dan ook, feit is dat op 12 september 1877 de gemeenteraad van Amsterdam in een Openbare Vergadering J.H. van 't Hoff met 27 stemmen vóór en één onthouding²² benoemde tot Lector in de Scheikunde aan de op te richten Universiteit van Amsterdam. Zijn jaarwedde zou 1500 gulden bedragen, een verhoging van 300 gulden ten opzichte van wat hij in Utrecht opstreek, zijn zo geliefde Utrecht, dat hij in de herfst van 1877 verliet. Een ongedateerd fragment uit een brief aan zijn moeder tekent de weemoed die hij moet hebben gevoeld:

Als ik aan 't verloren Utrecht denk, dan hangt aan de Domspits een groote rouwvaan, en de spits zelf is in de nevels; 't Carillon speelt bij middernacht

den Treur-marsch van Chopin, en slingert zijn zware, droevige tonen ver in den nacht, over de hei, naar de stille dennen, en die fluisteren het stil wuivend na...²³

Zo was hij op maandagmorgen 15 oktober 1877, samen met alle andere hoogleraren en lectoren, het curatorium en het voltallige college van burgemeester en wethouders om elf uur 's ochtends aanwezig in de raadszaal van het stadhuis aan de Oudezijds Voorburgwal, waar hij samen met al zijn collega's door de burgemeester en tevens president-curator jonkheer mr. C.J. den Tex werd geïnstalleerd. Daarna verliet hij met de andere lectoren de bijeenkomst, opdat de hoogleraren 'zich als Senaat [konden] constitueren'; de hoogleraar in de botanie C.A.J.A. Oudemans werd gekozen tot rector-magnificus.²⁴ Vervolgens trok het gehele gezelschap, inclusief de weer aangeschoven lectoren, naar de Parkzaal, waar zij door notabelen van de stad en vertegenwoordigers van de andere universiteiten en de Polytechnische School te Delft werden ontvangen. De hele stad was met vlaggen versierd en de feestelijkheden – recepties, (gala)voorstellingen, serenades, fakkeloptochten, een bal, concerten, het kon werkelijk niet op – namen de volgende vier dagen in beslag.²⁵

De nuttighejd der chymie en pharmacie

Nadat het Athenaeum Illustre in 1632 was opgericht, had het meer dan 150 jaar geduurd voordat ook de scheikunde en farmacie er werden onderwezen. In de achttiende eeuw kwam er in brede kring meer aandacht voor de natuurwetenschappen, getuige de vele genootschappen die de beoefening en bevordering van kunsten en wetenschappen tot doel hadden. De scheikunde werd in ons land echter vrijwel alleen beoefend door medici en farmaceuten en niet als aparte wetenschap gezien.²⁶ Pas tegen het einde van de achttiende eeuw kwam daar verandering in en werden de onderzoeken van Priestley, Scheele, Lavoisier en anderen met belangstelling gevolgd: het eerste chemische vaktijdschrift dateert uit 1785.²⁷ Toevallig werd ook in dat jaar aan het Athenaeum een leerstoel in de scheikunde ingevoerd. Een aantal burgers van Amsterdam had de 'Burgemeester en Regeerders' gewezen op 'het nut en de noodzakelykhejd, dat in deeze Stad zo wel in de Schey- en Artzenymengkunde, als in de ontleed- en kruidkunde opzettelyk en in het openbaar in de Hollandsche Taal werd onderwezen', niet alleen vanwege de productie van geneesmiddelen, maar ook omdat 'zelfs de Koophandel hier van, ten minsten voor zo verre de scheykunde betreft, aangename vruchten zoude kunnen plukken'.²⁸ Aanvankelijk zagen de stadsbestuurders er niets in, maar toen er particuliere fondsen beschikbaar werden gesteld, kon op 1 mei 1785 dokter Dirk van Rhijn worden benoemd tot 'Professor Chemiae, Pharmaciae et Materiae Medicae' op een jaarlijks traktement van 500 gulden.

Meer kreeg hij niet, al was dat voor hem geen probleem, omdat hij de leer-

stoel erbij deed, naast zijn gewone werk als arts. Vervelender was dat er helemaal geen geld kwam voor hulpmiddelen en zelfs geen ruimte voor het geven van zijn lessen. Pas in 1805, nadat hij het jaar ervoor de colleges vanwege het ontbreken van lesruimte had afgelast, stelde de gemeente hem een ‘ambtswoning’ in de Staalstraat ter beschikking. Daar was van oudsher al het Staalhof gevestigd, het centrum van de lakenindustrie, waar stoffen werden gekeurd door staalmeesters, en waar ook Rembrandts gelijknamige schilderij tot 1771 heeft gehangen. De chemie leidde er een kwijnend bestaan, want hoewel het traktement voor opvolgers van Van Rhijn wat omhoogging, bleven de omstandigheden waaronder lessen werden gegeven en praktische werkzaamheden werden verricht spartaans. Een student uit die dagen herinnert zich ‘het collegielokaal in de Staalstraat, verre beneden hetgeen nu [in 1875] iedere hogere burgerschool bezit, zuinig van de noodige toestellen voorzien en als gebouw zoo slecht, dat het er soms bij erge regenbuien op onze hoofden lekte.’²⁹ In 1831 werd na het overlijden van de toenmalige hoogleeraar Hendrik Carel van der Boon Mesch getracht om Gerrit Jan Mulder naar Amsterdam te halen, maar die trof tijdens een inspectie een volkomen leeg laboratorium aan. Alle laboratoriumbenodigdheden waren door zijn voorganger op eigen kosten aangeschaft en na zijn dood door de familie weggehaald. Daarop bedankte Mulder voor de eer: ‘Ik deed de Heeren opmerken, dat op die voorwaarden niemand zulk eene betrekking kon aanvaarden, want dat scheikundige studie, omdat de kweekelingen praktisch moeten geoefend worden, geregeld geldelijke uitgaven vorderde.’³⁰

In de loop van de negentiende eeuw zou het moderne laboratorium gestalte krijgen, vooral door ontwikkelingen in Duitsland.³¹ Tot dan toe waren laboratoria eerder chemische werkplaatsen dan ruimtes waar wetenschappelijk onderzoek werd bedreven of onderwijs werd gegeven. Natuurlijke grondstoffen werden omgezet in verbindingen met een praktische toepassing. Dat betekende oplossen, verbranden, smelten, mengen, destilleren, precipiteren in verschillende soorten vaten, die werden verwarmd met behulp van fornuizen en later branders. Geen wonder dat de vergelijking met een keuken vaak wordt gemaakt. Omgekeerd waren veel privélaboratoria daadwerkelijk in keukens gevestigd en werd er van keukenspullen gebruikgemaakt tijdens de experimenten, zoals een van de grondleggers van de moderne scheikunde, de Zweed Jöns-Jacob Berzelius dat deed.³² Bij zijn eerder aangehaalde bezoek in 1831 noemt Mulder het laboratorium in de Staalstraat letterlijk ‘een sombere keuken’. Maar naarmate de aandacht van de scheikundigen verschoof van produceren naar onderzoeken en van grote hoeveelheden naar meer precisie, zou het fornuis uit het laboratorium verdwijnen. Er kwamen speciale laboratoriumtafels of banken waaraan de experimenten werden uitgevoerd.³³ Ook deed onder invloed van Justus Liebig in de jaren dertig de kwantitatieve analyse zijn intrede en werd het laboratorium veel meer een plaats waar studen-

ten werden opgeleid.³⁴ Dat is ook precies wat Mulder na zijn benoeming in 1840 in Utrecht als eerste in Nederland voor elkaar wist te krijgen: een modern laboratorium waar studenten het vak door middel van praktisch werk konden leren.³⁵ Toen in 1848 met Edouard Henri von Baumhauer, die bij Mulder in Utrecht was gepromoveerd, de eerste scheikundehoogleraar van enige betekenis in Amsterdam werd aangesteld, was het chemisch laboratorium daar nog verre van geschikt voor.

Het bevond zich nog altijd in de Staalstraat en deelde daar het gebouw inmiddels met een politiebureau, iets wat Von Baumhauer sowieso erg tegenstond: er was veel overlast van luidruchtige gevangenen en er braken vaak 'ernstige conflicten' uit tussen studenten en agenten-in-opleiding.³⁶ Daarbij ontbraken scheikundige instrumenten en een scheikundige verzameling en leverden de curatoren 'geene genoegzame geldelijke bijdragen' om een en ander te kunnen aankopen.³⁷ Een gift van een anonieme geldschietster bracht enigszins uitkomst en later kwam zelfs de gemeente over de brug en kon een gasleiding worden aangelegd. Von Baumhauer bleef in de jaren daarna met 'een bezielende pioniersgeest'³⁸ hameren op de noodzaak van uitbreiding en verbouwing. Door het geven van lezingen en het uitbrengen van brochures over 'Het nut der scheikunde voor den industrieel' maakte hij de stad en haar gemeenteraad warm voor zijn vak.³⁹ Uiteindelijk zou hij zijn zin krijgen: het politiebureau verdween en er kwam uitbreiding naar de even verderop gelegen Groenburgwal, waar op 26 oktober 1857 het nieuwe chemisch laboratorium zijn deuren opende. Omdat het Athenaeum geen recht van examen had, waren er uitsluitend eerste- en tweedejaars studenten, vooral medici en farmaceuten. De scheikunde die op het laboratorium werd onderwezen was sterk analytisch van aard, met hier en daar wat organische synthese. Het onderzoek, dat uitsluitend door de hoogleraar en een assistent werd uitgevoerd, beperkte zich tot praktisch werk, zoals de keuring van voedingswaren. Toen Von Baumhauer in 1865 zijn hoogleraarsambt neerlegde om secretaris te worden van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen in Haarlem, werd hij opgevolgd door een andere leerling van Mulder, Jan Willem Gunning.

Gunning had vanaf 1849 zeer nauw met Mulder op het scheikundig laboratorium in Utrecht samengewerkt en werd aanvankelijk ook door Mulder zelf als zijn opvolger beschouwd.⁴⁰ Toen Mulder als gevolg van zijn maatschappelijke en politieke activiteiten rond 1854 in een crisis raakte, had Gunning zelfs de colleges en de begeleiding van de practica van Mulder overgenomen. Hij bleek een uitstekend docent en de studenten toonden zich uiterst tevreden. Dat wekte Mulders jaloezie, bij wie de indruk postvatte dat Gunning op zijn positie uit was – een typische illustratie van zijn argwanende karakter.⁴¹ Daarnaast begonnen hun beider ideeën over de maatschappelijke plaats van de wetenschap en over de verhouding tussen wetenschap en geloof steeds meer uiteen te lopen.⁴² De bom barstte echt in 1857 toen Gunning meende

Mulder – naar hijzelf beweerde ‘als goede vriend’ – te moeten wijzen op het ongepaste van diens relatie met zijn eigen nichtje. In aanwezigheid van twee assistenten veegde Mulder eind november 1857 Gunning in het laboratorium de mantel uit. Plotseling deugde er niets meer aan hem: hij was ongeschikt voor wetenschappelijk onderzoek, kon niet met de assistenten opschieten, had het beheer van het laboratorium verwaarloosd en de kosten de pan uit laten rijzen. Het geschil haalde de landelijke pers, en omdat curatoren bang waren Mulder tegen het hoofd te stoten, werd Gunning – met behoud van salaris – op een zijspoor gezet: hij moest zijn sleutels van het laboratorium inleveren, maar bleef als lector aan de Utrechtse Hogeschool verbonden, waar hij zelfs een klein privélaboratorium inrichtte. Daarnaast was hij als adviseur aan het ministerie van Financiën verbonden en gaf hij les op de Technische School in Utrecht.⁴³

Een nieuw laboratorium?

Toen de plaats van Von Baumhauer in Amsterdam vrijkwam, zag Gunning zijn kans schoon. Het ontslag van Von Baumhauer was nog niet eens formeel aanvaard door de gemeenteraad of er lagen al twee gloedvolle aanbevelingsbrieven voor hem bij de curatoren.⁴⁴ Een van zijn concurrenten was Tjaden Modderman, die later in Groningen benoemd zou worden, maar in december 1864 benoemde de gemeenteraad Gunning tot hoogleraar scheikunde aan het Athenaeum Illustre.⁴⁵ Eind maart 1865 kreeg hij de sleutels van het chemisch



Het Chemisch Laboratorium aan de Groenburgwal 44, waar Van 't Hoff in 1877 zijn onderzoek en onderwijs aan de Universiteit van Amsterdam begon.

laboratorium overhandigd. Voor de studie scheikunde in Amsterdam en het reilen en zeilen op het laboratorium veranderde daardoor weinig. Net als Von Baumhauer was Gunning uiterst praktisch ingesteld en had hij door zijn aanstelling als rijksadviseur over een tekort aan opdrachten niet te klagen.⁴⁶ Met de stichting van de Amsterdamse universiteit was het aantal studenten echter behoorlijk toegenomen. Bovendien was het chemisch laboratorium al lang niet modern meer en door gebrek aan ruimte, apparaten en materialen volslagen ontoereikend geworden.

Aldus was de situatie die Van 't Hoff aantrof bij zijn eerste bezoek. En zo jong en onervaren als hij was, wist hij wel wat hij nodig had. Daarom liet hij in de brief waarmee hij zijn benoeming tot lector aanvaardde, het gemeentebestuur weten dat hij 'slechts dan naar behooren mede [kon] werken tot den bloei van het chemisch onderwijs, wanneer hij over een collegekamer, werkplaats en subsidie voor onderhoud van een en ander [kon] beschikken' en dat hij vertrouwde 'op de gezindheid van het stedelijk bestuur zoo spoedig mogelijk aan die behoefte te voldoen'.⁴⁷ Van 't Hoff's verzoek had alles te maken met het feit dat de nieuwe Wet op het Hoger Onderwijs voorzag in een verruiming van de doelstelling van de universiteit. Artikel 1 luidde immers: 'Hooger onderwijs omvat de vorming en voorbereiding tot zelfstandige beoefening der wetenschappen en tot het bekleeden van maatschappelijke betrekkingen waarvoor eene wetenschappelijke opleiding vereischt wordt.' Het land zou baat hebben bij universitair wetenschappelijk onderzoek en dat maakte daarom deel uit van de taken van de hoogleraar. Studenten dienden ook praktisch te worden geschoold, en daar was geld voor nodig, voor nieuwe gebouwen en extra personeel.

Niet alleen scheikundigen hadden problemen met een gebrekkige huisvesting en uitrusting van hun laboratorium, ook andere faculteiten waren ontevreden en deden hun beklag bij de gemeente: zowel de natuurkunde, de farmacie, de mineralogie als de geologie wilden meer ruimte. Dat blijkt uit een brief waarin de faculteit aan B&W voorstelt om voor genoemde vakken én de chemie een volledig nieuw gebouw neer te zetten.⁴⁸ Omdat het perceel van het huidige chemisch laboratorium daarvoor te klein was, had men het oog laten vallen op een open stuk land in de Plantage tegenover Artis. Binnen twee weken volgde op verzoek van de wethouder een door Gunning en de hoogleraar natuurkunde Van der Waals verder uitgewerkt plan. Beiden onderstreepten opnieuw het belang om dicht bij elkaar te zitten, zowel vanuit financieel oogpunt als voor de studenten. B&W moesten beseffen 'hoezeer de physica de nabijheid der chemie en omgekeerd noodig heeft, dat de pharmacie niet gescheiden kan worden van de chemie'.⁴⁹ Het is opvallend hoezeer Van der Waals zijn stempel op dit plan wist te drukken. Hij heeft het persoonlijk geschreven, en het grootste gedeelte ervan wordt ingenomen door de eisen waar een nieuw

te bouwen *natuurkundig* laboratorium aan zou moeten voldoen: 800 vierkante meter, verdeeld over niet meer dan twee verdiepingen, met een collegezaal voor 150-200 toehoorders etc. In het hele voorstel is geen woord over de behoeften van de chemie te vinden, iets wat Gunning pas opviel toen hij het drie dagen later aan de wethouder stuurde. In een begeleidend schrijven vraagt hij namelijk allereerst achteraf goedkeuring voor het feit dat 'ik mij [met] onzen physischen collega heb geassocieerd', terwijl de opdracht van de wethouder aan hem was gericht, en geeft hij verder aan dat hij vergeten is te vermelden dat zijn eigen, huidige collegekamer 'hoewel vriendelijk en goed belicht, voor een groot aantal hoorders niet is ingericht, aangezien een aanmerkelijk gedeelte ervan niets heeft aan de proeven op de experimenteertafel'.⁵⁰

Het hele voorstel voor een gezamenlijk nieuw gebouw zou uiteindelijk op niets uitlopen, want de eenheid die uit het faculteitsplan naar voren kwam, verdween als sneeuw voor de zon toen B&W in mondeling overleg traden met de verschillende hoogleraren. Van der Waals bleef bij al zijn eisen ten aanzien van 'licht, ruimte en plaatsing der instrumenten', maar die zouden volgens B&W niet te vervullen zijn binnen één gemeenschappelijk gebouw 'zonder dat alle belangen aan dat der physica worden opgeofferd'. Hugo de Vries, de nieuwe lector botanie wilde eigenlijk ook best bij de Hortus intrekken, en Willem Stoeder, de hoogleraar farmacie, bleef liever in het Binnengasthuis. Dat was koren op de molen van B&W die sowieso geen heil zagen in een nieuw gebouw, omdat ze daarmee het huidige Chemisch Laboratorium helemaal zouden opgeven. Toch zou Van der Waals in zijn eentje koppig blijven strijden voor een eigen fysisch laboratorium. Hij presenteerde in het voorjaar van 1879 een ontwerp van de gemeentearchitect, dat na uitgebreide discussies in de gemeenteraad aan het eind van dat jaar werd goedgekeurd en in 1882 aan de Plantage Muidergracht zijn deuren zou openen.⁵¹ Van 't Hoff moest het doen met het bestaande chemisch laboratorium, dat wél 'door ver- en bijbouw [...] aan de eischen der wetenschap' werd aangepast.⁵² Bovendien kreeg hij subsidie voor zijn onderzoek. Een begroting van Gunning voor het jaar 1878 laat zien dat de 3200 gulden per jaar die het laboratorium tot dan vereiste, moest worden verhoogd met 500 gulden ten behoeve van het onderzoek van Van 't Hoff. Gunning wees er ook nog even fijntjes op dat het chemisch laboratorium van de Hogeschool in Leiden een budget had van 6500 gulden.⁵³

Nu was de faculteit der Wis- en Natuurkunde in het studiejaar 1877-1878 met 51 studenten geenszins de kleinste in Amsterdam, alleen geneeskunde was veel groter.⁵⁴ Voor Van 't Hoff begonnen de eerste echte werkzaamheden dan ook in de vorm van een college Physische grondbeginselen der Scheikunde voor een deel van die studenten geneeskunde. Daarnaast gaf hij in zijn eerste jaar voor de meer gevorderde kandidaten wekelijks twee uur Theoretische Scheikunde. Dat de studenten tevreden waren over zijn colleges blijkt uit de studenten Almanak van 1879:

De Lector Dr. J.H. van 't Hoff maakte zijn auditorium bekend met de Physische gronden der Chemie. Later opende ZEd. een middag-college waarin de Koolstofverbindingen op een boeiende wijze, theoretisch werden behandeld zoodat de hoorders niet alleen een goed overzicht van het systeem dezer verbindingen, maar ook een duidelijk begrip kregen van de methoden dienende om de structuurformulen der genoemde verbindingen te bepalen. [...] Met vreugde werd ook de tijding ontvangen dat ook Dr. van 't Hoff in den volgenden cursus als Hoogleraar aan onze inrichting voor Hooger Onderwijs zou worden verbonden.⁵⁵

Of, zoals een student het uitdrukte: 'Van 't Hoff was in staat een boer chemie te leeren.'⁵⁶ Helemaal vlekkeloos ging het geven van colleges overigens niet, zo blijkt uit krantenberichten van februari 1878. Tijdens een van de colleges hadden studenten een kastje met vergiften opengebroken en hadden de inhoud van enige flessen over de grond uitgestort. Gunning was des duivels en las met name de studenten militaire geneeskunde de les: dit zou niet gebeurd zijn in zijn tijd 'toen liefde voor de wetenschap en niet de sterke arm der militaire tucht de studenten naar de collegebanken dreef'.⁵⁷ Uit een ingezonden brief blijkt drie dagen later dat de boosdoeners geen studenten militaire geneeskunde konden zijn geweest, omdat het incident zich afspeelde 'op een voor hen niet verplicht college, nl. op dat van den heer Van 't Hoff'.⁵⁸ Hoewel het incident geen gevolgen had voor de jonge lector, moet Van 't Hoff zich dit incident flink hebben aangetrokken. Dit blijkt uit een brief van zijn vader waarin deze hem aanraadt zich 'niet zoo ligt te laten stooren' en spreekt hij het vermoeden uit dat zijn zoon 'dat zaakje te sevēre bekeekt'.⁵⁹

Dat in elk geval de bestuurders van de universiteit niet ontevreden waren over zijn colleges bleek wel uit het feit dat begin 1878 zijn lestaken werden uitgebreid. De faculteit had namelijk besloten dat hij de juiste man was om 'tegen vergoeding' de vacature te vervullen voor een lector in de 'aard- en delfstofkunde' (geologie en mineralogie). Dat hij geen hoogleraar was en dus geen examens af mocht nemen, werd niet als een probleem gezien. 'Daarmede zou een harer leden zich wel belasten'.⁶⁰ Het zou overigens tot eind januari duren voor zijn benoeming formeel werd en zijn jaarwedde met 500 gulden werd verhoogd.⁶¹ Daarnaast kregen hij en Gunning nog apart betaald voor analyses die ze deden ten behoeve van gerechtelijke onderzoeken. Hoezeer geld een rol moet hebben gespeeld in het leven van Van 't Hoff in die dagen, blijkt uit een brief van zijn vader:

Van f 2000, 't bloed van dieven en moordenaars, mengers van edele metalen, en wat meer die remuneratie opvoeren kan, kunt ge aan den Amstel leven en U in A[msterdam] bewegen als een visch, en vergoeden waar ge U over beklaagt 'vroegere genietingen' te hebben opgezegd.⁶²

Vader gaf ook aan zijn ‘tractement’ – hij kreeg blijkbaar nog altijd een toelage van zijn ouders – met 300 gulden per jaar te willen verhogen, maar dat alleen te zullen doen ‘wanneer ge vóór een professoraat met een deern voor den dag komt waarvan U waardig meer gelegen is in het lieve, beminnelijke persoon-tje dan in de colliers, braceletten en werkelijke of toekomstige rijksdaalders’.

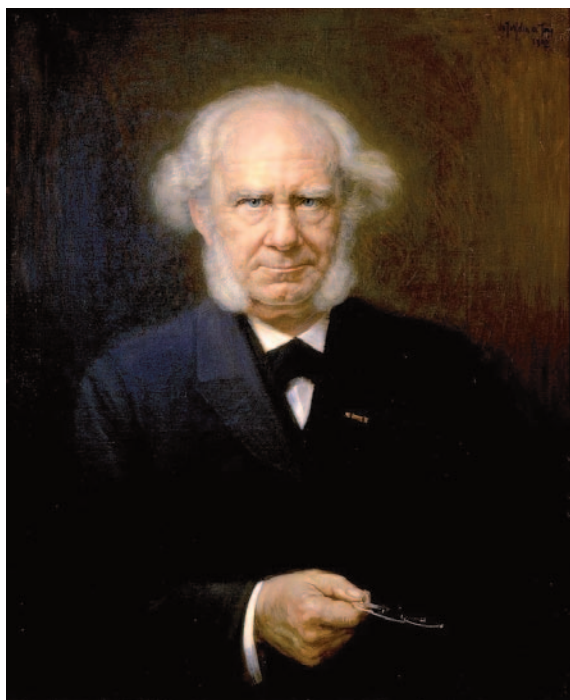
Alsnog hoogleraar

Toch had Van 't Hoff nog altijd niet bereikt wat hij wilde en waar hij naar eigen inschatting ook recht op had: een hoogleraarspositie. Zijn ouders voelden wellicht aan dat zoonlief uit onvrede over zijn situatie zijn heil zou willen gaan zoeken in het buitenland, want als eerste reactie op het nieuws van zijn benoeming in Amsterdam, deed het zijn vader ‘zoo onbeschrijfelijk veel genoegen dat het land Uwer toekomst niet in den vreemde ligt want aardig en grootsch als dat klinken moge 't is hier zoo kwaad niet als men maar eerst voet in den stijgbeugel heeft’. Tegelijk kende hij zijn zoon maar al te goed: ‘Geef niet te veel ingang aan oor blazingen als ware 't niet bevredigend genoeg dat ge een lectoraat hebt; ik vermoed dat juist dit U oneindig veel beter is dan dat ge zoo maar op eens den maarschalksstaf voerdet.’⁶³ Voor alle zekerheid had hij zelf Gunning opgezocht om over het lastige en wispelturige karakter van zoonlief te praten: ‘We hebben zamen vroegere aberratieën besproken en de gevolgen daarvan verwerkt op eene wijze waardoor ik weet dat ge me haast van liefdeloosheid verdenken, laat staan beschuldigen kunt.’⁶⁴ Dat Van 't Hoff in zekere zin ontevreden was met zijn benoeming, wordt ook duidelijk uit een veel latere brief aan zijn vrouw Jenny waarin hij nog eens op deze periode in zijn leven terugkomt:

En Amsterdam! Ik heb daarvoor diepe achting en klaag niet, maar weet wel dat al wat ik er heb bereikt gekregen is langs de weg van welgewapende vriendschap. Eerst tot lektor benoemd, terwijl ik bijna professor was geworden te Utrecht en dan ook van Buys Ballot een briefkaart kreeg om mij geluk te wenschen met mijn ‘hoogleraarsambt’ (later volgden excuses door tusschenkomst van Snellen), moest ik, om mijn positie niet geheel tot niets gereduceerd te zien, mijn vriend Gunning voor een soort van ultimatum stellen. En dan kunt gij niet weten hoe al die handelwijzen, waar-toe ik mijn toevlucht hebt moeten nemen, mij tegen de borst stuiten.⁶⁵

Waarschijnlijk heeft het ultimatum waar Van 't Hoff het hier over heeft te maken met de verrassende stap van Gunning om in april-mei 1878 het onderwijs in de farmaceutische chemie op zich te nemen, daarmee feitelijk plaatsmakend voor Van 't Hoff. Aanleiding hiervoor was een langdurige zoektocht naar een tweede hoogleraar in de farmacie of artsenijsbereidkunde. Nadat in november 1877 Willem Stoeder was voorgedragen als buitengewoon hoog-

leraar ‘voor het praktisch gedeelte’, bleek een kandidaat voor het theoretische deel moeilijk te vinden. Na lang wikken en wegen viel de keuze op de Duitse hoogleraar Albert Hilger uit Erlangen, overigens tot ongenoegen van de faculteit die liever een Nederlander benoemd zag. Maar toen Hilger in maart 1878 na lang wikken en wegen bedankte voor de eer, was alles weer terug bij af. Op dat punt kwam Gunning, die sinds 1865 in Amsterdam de hoogleraar scheikunde was geweest, tijdens de faculteitsvergadering opeens met het aanbod dat hij ‘in het belang der universiteit zich het onderwijs in pharmaceutische chemie zou laten welgevalen [...] *als de heer Van 't Hoff tot gewoon hoogleraar werd benoemd*’. Hierover ingelicht door de faculteit bleken ook de curatoren zeer verwonderd te zijn over dit aanbod, en besloten zij dat een van hen, Van den Broek, Gunning hierover in een persoonlijk gesprek moest raadplegen ‘daar het voor hem eene opoffering geldt’ en hen ‘de wenschelijkheid der zaak niet boven alle bedenking verheven voorkomt’.⁶⁶



Jan Willem Gunning (1827-1900), Van 't Hoff's collega en steun en toeverlaat in Amsterdam, die veel heeft betekend voor de ontwikkeling van zijn loopbaan.

Dat gesprek vond de volgende dag al plaats, want Gunning had haast. Allereerst vroeg Van den Broek hem of hij niet gewoon de farmacie erbij kon nemen. Dat was volgens Gunning onmogelijk, want hij wilde de farmacie als een echt hoofdvak behandelen en samen met de chemie zou dat een te zware en veelomvattende taak voor één persoon opleveren. Toen Van den Broek aandrong en stelde hoe jammer het zou zijn als nieuwe scheikundestudenten

Gunnings 'leerrijke colleges' zouden moeten missen, werd er snel een compromis bereikt: Gunning zou de farmacie in zijn geheel op zich nemen en een aantal onderdelen van de scheikunde afstoten aan een nieuw te benoemen hoogleraar, dr. J.H. van 't Hoff, 'van wien de Hoogleeraar getuigt de hoge wenschelijkheid hem aan de Universiteit van Amsterdam verbonden te houden'.⁶⁷ Veelzeggend in dit verband is een uitspraak die Van 't Hoff citeert in zijn in memoriam voor Gunning uit 1901, waarin hij verwijst naar Gunnings bereidheid het farmaceutisch onderwijs op zich te nemen 'hoewel hij niet altijd met evenveel achting over "pillen en pleisters" sprak'.⁶⁸ Dit laatste zou erop kunnen wijzen dat Van 't Hoff zijn beschermheer inderdaad een zetje kan hebben gegeven: óf ik word hier hoogleraar, óf ik ben weg! Dat suggereert ook een passage in een brief van zijn vader, twee dagen nadat Gunning de faculteit zijn verrassende voorstel had gedaan:

Uwe voor Pr[of]. Gunning denkbeeldige troepenconcentratie moge meer in Uwe fantasie dan in werkelijkheid hem zijn verschansingen doen opwerpen en loopgraven uitbreiden opdat hij geen contramineur worde die Uw argeloos arsenaaltje in de lucht doe vliegen.⁶⁹

Eindresultaat was in elk geval dat Van 't Hoff behouden bleef voor Amsterdam en kreeg waar hij al zo lang naar uitkeek: op 26 juni 1878 werd hij door de gemeenteraad benoemd tot hoogleraar in de scheikunde, de geologie en de mineralogie. Zijn jaarwedde bedroeg 5000 gulden, en dat was meer dan bijvoorbeeld Franchimont in Leiden ontving. Direct ging er een telegram naar Rotterdam: 'Henry geslaagd', waarna dit werd doorgestuurd naar Salzburg, waar zijn ouders op dat moment op vakantie waren.⁷⁰

Vanaf dat moment stond hij op gelijke voet met zijn collega Gunning, en waren ze samen verantwoordelijk voor de colleges, de practica en de begeleiding van het onderzoek in de chemie. In de loop van dat jaar werd ook begonnen met de verbouwing van het oude laboratorium. De gemeentearchitect diende een plan in waarvan de kosten werden geraamd op 26.000 gulden. Tegelijk maakten de twee hoogleraren hun wensenlijstje bekend. Waar Gunning het jaar ervoor nog 3700 gulden had aangevraagd, zou het budget van het jaar erop moeten worden verhoogd tot 5000 gulden. Bovendien voerden ze allerlei extra kosten op voor het inrichten van het verbouwde laboratorium: een bibliotheek met abonnementen op de belangrijkste chemische tijdschriften, chemische apparatuur, een gas- en duinwaterleiding, meubilair etc., dat alles voor nog eens 18.000 gulden.⁷¹ De curatoren stemden er grotendeels mee in, al vonden ze 2000 gulden voor de aanschaf van een apparaat om grachtenwater naar de eerste verdieping te brengen 'tot voeding der aspiratoren en der afkoelers' wat al te gortig. Dat kon volgens deze meest juridisch onderlegde bestuurders ook wel met een gewone douglaspomp.

De oratie

Van 't Hoff had op 2 november 1877 zijn benoeming tot lector in Amsterdam formeel aanvaard door het geven van een openbare les getiteld 'Het belang der theorie in de wetenschap'. Helaas is de tekst van zijn rede niet bewaard gebleven, evenmin als enige aantekeningen. Toen eind januari zijn onderwijstaak werd uitgebreid, nam zijn vader aan dat hij dit nieuwe lectoraat opnieuw met een openbare les zou willen aanvaarden en hij deed hem per brief een suggestie voor een onderwerp: 'Het aandeel der fantaisie in de studie der exacte wetenschappen':

De uitlokkende zijde ervan is dat een gemengd publiek er meer van genieten kan dan van die absolut wetenschappelijke zaken in den regel 't geval is. De waarheid dat groote dichters aan de wetenschappelijke ontwikkelingsperiode van hun tijd een beduidenden stoot hebben gegeven en nog altijd voortgaan dit te doen bij ieder wetenschappelijk man die erdoor geïnspireerd wordt, is zeker en even zoo zal hun genie en de wijze van hun dichterlijk exploit wel eigendommelijke tinten geven aan de rigting van hem die onder den invloed ervan arbeidt zij 't dan ook op een gebied dat als zoodanig met poëzie niets te maken heeft etc. etc.⁷²

Zijn vader gaf bovendien aan hoe hij het onderwerp zou kunnen aanpakken: 't Zou na te vorschen zijn welke groote ontdekkingen of uitvindingen op wetenschappelijk gebied er voor een deel aan te danken zijn.' Dat zou Van 't Hoff dan na kunnen zoeken in levensbeschrijvingen van wetenschappers, die hij van jongs af aan met veel enthousiasme placht te lezen. Ook dat gebeurde onder invloed van zijn vader: 'Toen ik de levensbeschrijving van den grooten man [Cervantes] nog eens herlas, werd in mij alweêr de meening van Papa bevestigd, dat het lezen van levens van beroemde mannen zeker al heel opbouwend is.'⁷³ Die zouden hem nu goed van pas kunnen komen. Hij nam dan ook niet alleen het onderwerp dat zijn vader voorstelde over, maar volgde ook diens suggestie voor verdere uitwerking. De twee hadden overigens al in Van 't Hoff's periode in Bonn met elkaar gecorrespondeerd over de rol van de verbeeldingskracht bij het vinden van de wetenschappelijke waarheid: 'Elke waarheid geeft minstens ééne direkte verklaring in het feit zelf; geeft zij er meer, dan heeft de fantaisie haar geholpen; [...] Het feit is de grondslag, het fundament, de fantaisie het bouw-materiaal, de hypothese het te onderzoeken bouwplan, de waarheid het gebouw.'⁷⁴

Van 't Hoff verwerkte deze ideeën niet ten behoeve van een tweede openbare les als lector, maar had de curatoren te kennen gegeven met een inhuldigungsrede zijn ambt te willen aanvaarden.⁷⁵ Die werd vastgesteld op 'Vrijdag den 11den October 1878, des namiddags ten 3 ure'⁷⁶ in de grote gehoorzaal van Felix Meritis aan de Keizersgracht in Amsterdam. Bekijken we de inhoud van

de lezing, dan valt allereerst de inleiding op. Van 't Hoff begon namelijk met een directe en letterlijke verwijzing naar de aanval van Kolbe meer dan een jaar daarvoor. Die had het, refererend aan Van 't Hoffs ideeën, tot twee keer toe over 'Phantasie-Spielereien' gehad. Dat was reden genoeg om Kolbes aanval tot uitgangspunt te kiezen voor zijn rede van die middag: 'De verbeeldingskracht in de wetenschap'. Wat volgde, was een zeer gestructureerd, bijna technisch verhaal. Eerst gaf hij een definitie van wat hij onder verbeeldingskracht verstond:

Het vermogen, zich iets zoo levendig voor den geest te brengen, dat alle eigenschappen er van met even groote bepaaldheid kunnen worden erkend als door eenvoudige waarneming.⁷⁷

Hij poneerde daarop de stelling dat verbeeldingskracht een belangrijke rol speelt bij het nastreven van het doel der wetenschap: het opsporen van het verband tussen oorzaak en gevolg op basis van waarnemingen. Zo komt verbeeldingskracht goed van pas bij het maken van een keuze wat of wanneer er waargenomen wordt, bij het zó inrichten van een experiment dat storende effecten zoveel mogelijk worden uitgesloten, of het vinden van de hulpmiddelen die de waarneming makkelijk en mogelijk maken. Maar ook wanneer de waarnemingen eenmaal zijn afgerond, is verbeeldingskracht belangrijk bij het vaststellen van overeenkomsten en verschillen en bij het opstellen der hypothesen.

In het vervolg benaderde Van 't Hoff zijn onderwerp zoals men van een scheikundige mag verwachten: proefondervindelijk. In levensbeschrijvingen van tweehonderd wetenschappers ging hij op zoek naar voorbeelden van hen die een 'gezonde uiting van verbeeldingskracht', te weten een zekere 'kunstzin' tentoonspreidden.⁷⁸ Die vond hij terug bij 52 (26 procent) van de door hem bestudeerde gevallen, waarbij hij tegelijk aantekende dat vijftien van de tweehonderd – onder wie Newton, Leibniz en Descartes, dus zeker niet de minsten – ziekelijke vormen van verbeeldingskracht vertoonden als spiritisme, bijgeloof, hallucinaties tot aan krankzinnigheid toe. Zijn voornaamste bron waren de *Notices Biographiques* van François Arago, die deze als secretaris van de Académie des Sciences in Parijs had opgesteld na het overlijden van beroemde wetenschappers.⁷⁹ Onder de 29 sterrenkundigen die Arago beschreef, trof Van 't Hoff zelfs twaalf voorbeelden (40 procent) van 'kunstzin' aan. Nu kon een 'gemis' aan verbeeldingskracht natuurlijk worden opgevangen met brute krachtmethoden, die meer weg hebben 'van het platschieten eener fortificatie van verschillende kanten te gelijk, een voorzichtig beklimmen van de puinhoopen, en een strijd om de plaatsing van het vaandel bij de gezamenlijke aankomst boven'.⁸⁰ Het zal duidelijk zijn dat die in de ogen van Van 't Hoff niet de voorkeur verdienden. Dat was de manier van werken van de Franse



Van 't Hoff rond 1880.

scheikundige Louis-Nicolas Vauquelin, die niet kon tippen aan zijn Engelse tijdgenoot Sir Humphry Davy en hier citeerde Van 't Hoff uit de levensbeschrijving van Vauquelin door de Franse naturalist Georges Cuvier.⁸¹ Waar de een, gespeend van enige kunstzin en fantasie 'in alle nederigheid met een lantarentje de kleinste verborgenheden bezag', vloog de ander, zowel dichter als fantast, 'op als een adelaar en hield over het groote gebied der schei- en natuurkunde een brandende fakkel omhoog'. En daarmee eindigde de toen nog maar 26-jarige Van 't Hoff zijn verhaal:

Die woorden neem ik over om te beschrijven wat het onderzoek is zonder, [en] wat het wezen kan met geoorloofd gebruik der verbeeldingskracht.

Dit was zijn ultieme antwoord aan Kolbe: hij zou een Davy worden, Kolbe was slechts een Vauquelin.

De familie vierde de intreedere met een dinertje 's avonds in het Amstelhotel voor familieleden, '7 Van 't Hoff's, 5 Kolven en 1 Mees'.⁸² Over die laatste later meer. Met name zijn vader hield zich nog dagenlang bezig met het analyseren van de tekst. Zo drong hij er bij zoonlief op aan zich te verontschuldigen bij de curatoren omdat hij vergeten was hen te noemen.⁸³ Ook deed hij suggesties voor kleine verbeteringen, die Van 't Hoff overigens in de gedrukte tekst negeerde, maar over het geheel genomen was vader zeer te spreken over de lezing:

Ik vond het een zeer aangenaam keurig geheel waarin 'de man van het salicylzuur'⁸⁴ van zijn eerste optreden tot aan de parallellischen Vauquelin en Davy' staat als op een schabelletje.⁸⁵

Een maand later was de gedrukte tekst klaar, te verkrijgen bij de drukkerij en boekhandel van Bazendijk in Rotterdam voor 40 cents.⁸⁶ Waar Henry voor de uitgave van *La chimie dans l'espace* nog betaald had, nam Bazendijk de uitgave dit keer geheel voor eigen rekening, al meende vader zijn zoon nog wel even op het hart te moeten drukken om geen honorarium te vragen. Dat kon hij eventueel wel van zijn ouders krijgen.⁸⁷ Wat ten slotte opvalt is het volledig ontbreken van reacties. Ook hier heeft vader wellicht een rol in gespeeld. Toen Bazendijk hem namelijk liet weten dat het *Pharmaceutisch Weekblad* en de *Spectator* om een recensie-exemplaar hadden gevraagd, raadde hij zijn zoon aan daarvoor geen toestemming te verlenen 'omdat, waar de heele zaak nu nogal zeer goed is neergekomen, ge geen liefhebber willekeurig in de gelegenheid stelt om, ware 't welligt een vijand, U te wijzen op gebreken'.⁸⁸

Verbeeldingskracht in de wetenschap

In de eerste plaats zal Van 't Hoff's oratie bij zijn publiek zijn opgevallen door de zelfverzekerdheid waarmee hij op Kolbes kritiek reageerde. Dat blijkt onder andere uit de woorden van zijn Amsterdamse collega, de hoogleraar geneeskunde Cornelis Bellaar Spruyt, bijna tien jaar later. Hij schreef Van 't Hoff een brief nadat hij had vernomen van het aanbod dat deze had gekregen om naar Leipzig te komen (zie hoofdstuk 9):

Met hoeveel genoegen en ingenomenheid ik indertijd Uwe oratie heb aangehoord, ik wil U wel bekennen dat ik het enigszins bedenkelijk vond die beschouwingen over de waarde der phantasie in te leiden met het relaas

van Kolbe's heftige kritiek op Uwe ideeën. Gij verbindt U toch daardoor eenigermate om zelf in de wetenschap iets dergelijks te leveren als de mannen van wier levendige verbeeldingskracht Gij in uw rede zooveel voorbeelden gaaft. Zulke beloften zijn zeker in den regel gevaarlijk. Maar nu de Leipzigers U zelf komen roepen, blijkt het duidelijk dat niemand U verwijten kan destijds onbescheiden geweest te zijn.⁸⁹

Nu bestond er in Nederland in de negentiende eeuw een interessante tweedeling tussen de geesteswetenschappen en de natuurwetenschappen, wat betreft het denken over de rol van verbeeldingskracht.⁹⁰ Onder beoefenaars van de letteren was het spreken over verbeeldingskracht als een gemeenschappelijke factor in het werk van de kunstenaar en de geleerde bijna een gemeenplaats. Een paar maanden voordat Van 't Hoff zijn oratie hield, herdacht de sanskritist J.H.C. Kern zijn overleden collega J.J. Hoffmann. Kunstenaars en wetenschappers waren verwant aan elkaar, zo betoogde hij: 'zóó zelfs, dat men zou mogen betwijfelen of in den waren geleerde wel ooit een sprank van schepend vernuft en in den echten kunstenaar een vonk van het onuitbluschbare vuur der weetgierigheid ontbreken mag.'⁹¹ Binnen de natuurwetenschappen waren dit soort opvattingen veel minder gemeengoed. Daar was de gangbare mening dat 'wetenschappelijk denken' gelijkstond aan foutloos denken. Wetenschap voltrok zich 'volgens een soort rechtlijnig logisch proces, waarin geen enkele fantasie of irrationaliteit [...] kon worden geduld.'⁹² Dit blijkt ook uit een analyse van een groot aantal discussies over voordrachten van leden van de Akademie van Wetenschappen.⁹³

Het ideaal van een natuurwetenschap, vrij van elke subjectiviteit, ontwikkelde zich in het midden van de negentiende eeuw.⁹⁴ Meer dan ooit tevoren wordt dan het nastreven van objectiviteit, het trekken van conclusies op basis van harde, onomstotelijke feiten, los van interpretatie en hypothese de enige weg om te komen tot betrouwbare kennis, tot wetenschappelijke vooruitgang; verbeeldingskracht was alleen belangrijk in de kunst: 'Ongebreidelde, onuitsprekelijke verbeelding werd de drijvende kracht achter de creativiteit in de kunst, en de boeman van de objectiviteit in de wetenschap. Kunst en wetenschap waren wat betreft hun idealen, hun gebruiken en hun imago uit elkaar gedreven.'⁹⁵ Daston en Galison wijzen in dit verband ook op het almaar groter wordende belang van standaardisering van meetinstrumenten, het gebruik van foto's in plaats van tekeningen, het depersonaliseren van de schrijfstijl van wetenschappelijke artikelen etc. Kortom, alles wat neigt naar het persoonlijke, het individuele, het subjectieve diende zoveel mogelijk te worden uitgebannen. Geen wonder dat dit bij wetenschappers leidde tot een verschuiving van epistemische deugden, van bevologenheid en genialiteit naar degelijkheid, volharding, ijver en voorzichtigheid.⁹⁶

Nu is de stelling dat wetenschap door dorre, fantasieloze rationalisten wordt

voortgebracht natuurlijk niet vol te houden. Van 't Hoff was ook zeker niet de eerste die een pleidooi hield voor het belang van verbeeldingskracht in de wetenschap. Zo had de Engelse arts en fysioloog Sir Benjamin Brodie al in 1859 in een lezing voor de Royal Society zijn toehoorders gewezen op de waarde en het correct gebruik van de verbeeldingskracht in de natuurwetenschappen:

Die wonderbaarlijke eigenschap, op de juiste wijze ingetoomd door ervaring en reflectie, wordt de meest verheven menselijke eigenschap; bron van dichterlijk genie; instrument van wetenschappelijke ontdekking, zonder dewelke Newton nooit fluxions zou hebben uitgevonden, en Davy niet de aardalkalimetalen en alkalimetalen zou hebben geïsoleerd.⁹⁷

Volgens Brodie was het de verbeeldingskracht die de hypothese genereert waarmee een brug geslagen wordt 'over de kloof die het bekende scheidt van het onbekende'. Uiteindelijk mogen de denkbeelden die de verbeeldingskracht heeft gesuggereerd dan worden getoetst aan de feiten en waarnemingen, de verbeeldingskracht komt als eerste, gevolgd door experiment, waarneming en redenering. Dat was precies wat Van 't Hoff had bedoeld.

Waar Brodies pleidooi onopgemerkt voorbijging, kon de Ierse natuurkundige John Tyndall rekenen op meer aandacht. Tijdens een bijeenkomst van de British Association for the Advancement of Science in Liverpool in 1870 hield hij een lezing over 'Scientific use of the imagination'.⁹⁸ Het was een 'after-dinner lecture', had daardoor een wat meer populair karakter en was bedoeld om discussie te genereren. Dat heeft Tyndall geweten. Volgens hem was de wetenschappelijke verbeelding 'het machtigste instrument van de wetenschappelijke ontdekkingsreiziger', en daarom moesten wetenschappers niet bang zijn deze te gebruiken, mits 'begrensd door en afhankelijk van de nauw samenwerkende rede', vergelijkbaar met wat Brodie tien jaar eerder had gezegd. Maar Tyndalls uitspraken kwamen hem op furieuze kritiek te staan, zowel van binnen als buiten de wetenschappelijke gemeenschap, tot in de landelijke tijdschriften en dagbladen als *The Times* toe. Het was zijn collega Peter Guthrie Tait die hem het felst aanviel. Hij verweet Tyndall dat deze veel te onvoorzichtig was geweest in zijn pleidooi voor verbeeldingskracht en zo pseudowetenschappers had uitgenodigd hun wilde fantasieën te delen.⁹⁹ Toch waren beiden het erover eens dat verbeeldingskracht van nut kon zijn binnen de wetenschap. Ze verschilden alleen van mening over de manier waarop dat moest geschieden en met welk doel: Tyndall riep wetenschappers op moedig ('manful') te zijn, terwijl Tait juist terughoudendheid en zelfdiscipline bepleitte en vóór alles de voorkeur gaf aan nauwkeurige observatie. Daarmee was hun debat feitelijk een strijd tussen verschillende opvattingen over epistemische deugden.¹⁰⁰

Zowel Brodie en Tyndall als Van 't Hoff meenden dat de grote ontdekkingen in de wetenschap voortkwamen uit een verbeelding, die zich van geen

enkele logica iets aantrekt, zij het met het voorbehoud dat daaruit alleen datgene houdbaar is wat achteraf blijkt geen tegenstrijdigheden te bevatten en overeen te stemmen met de waarnemingen.¹⁰¹ Veel later zou Karl Popper betogen dat kennis groeit doordat wetenschappers ‘als uit het niets’ oplossingen bedenken en die vervolgens blootstellen aan kritische tests, waarbij onherroepelijk de meeste oplossingen sneuvelen.¹⁰² Dat heeft geleid tot een uitgebreide wetenschapsfilosofische literatuur over ‘the context of discovery’ versus ‘the context of justification’. Zonder daarop in detail in te willen gaan, wordt het tegenwoordig veel meer dan in de tijd van Van ’t Hoff aanvaard dat wetenschappelijke vooruitgang niet uitsluitend voortkomt uit foutloos denken en experimenteren onder geleide van de logica en de wiskunde, – anders zou een computer ook wetenschappelijk onderzoek kunnen doen – maar dat de soms grillige en oncontroleerbare verbeelding, die zich van geen enkele logica iets aantrekt, in dit proces een belangrijke rol speelt. Natuurlijk kan die verbeelding niet alleen staan: achteraf dient iedere hypothese en elke theorie onderworpen te worden aan het licht der rede: ‘Dat is Poppers voorschrift: onverschrokken speculatie aan de ene en strenge weerlegging aan de andere kant.’¹⁰³

Nóg een verbintenis

Toen Van ’t Hoff op 26 juni 1878 eindelijk zijn hoogleraarsbenoeming binnen had, en zich daarmee een riant maatschappelijke positie had verworven, kon hij zich eindelijk wijden aan een belangrijke, nog openstaande taak, het vinden van een geschikte vrouw om die nieuwverworven positie mee te delen. Hij had al een tijdje een oogje op de zus van zijn vriend Ferrand Mees, Jenny. Johanna Francina Mees was het jongste kind van Govert Jacob Mees en Johanna Francina Hudig. Haar vader was een telg uit de bankiersfamilie Mees, die in de negentiende eeuw in Rotterdam een belangrijke positie innam. Met name het bankiershuis R. Mees en Zoonen, opgericht in 1720,¹⁰⁴ profiteerde fors van de onstuimige groei van Rotterdam waar de nazaten van oprichter Gregorius Mees aan de weg timmerden als financiers van waterwegen en de Rotterdamse haven. Het familieverband was zo talrijk dat in Rotterdam het gezegde bestond ‘het mensdom een meesdom [zou] worden’. Met name de ambities van een achterneef van Jenny’s vader, Marten Mees, als makelaar in assurantiën bij de familiebank gestart, strekten verder: zijn belangstelling ging in de eerste plaats uit naar de belangen van Rotterdam, en met name de verbetering van de verbinding van de stad met de zee. Hij beijverde zich voor het aanleggen van de Nieuwe Waterweg, de ontwikkeling van de linker Maasoever, en nam initiatieven op het gebied van de zeescheepvaart, zoals de Holland-Amerika Lijn en de Rotterdamsche Lloyd.¹⁰⁵

Voor Van ’t Hoff was een echtgenote uit de in Rotterdam in hoog aanzien staande familie Mees een goede partij. Leden van die familie trouwden sowie-

so nooit beneden hun stand, en dus meestal met leden van andere aanzienlijke families, zodat vermogens en manieren intact bleven. Nu was Van 't Hoff als kersverse hoogleraar en zoon van een zeer gerespecteerde, Rotterdamse arts met een lange reeks van voorvaderen in het openbaar bestuur ook geen slechte keus. Of hij onzeker was of hij wel voldeed, of vreesde dat zijn ouders hem van zijn plannen zouden afhouden, feit is dat hij niemand inlichtte over zijn plannen ten aanzien van Jenny. Tegelijkertijd liet hij er geen gras over groeien. Zodra de formele bevestiging van zijn benoeming eind juni binnen was, vroeg hij Ferrand naar het logeeraadres van diens zus, die op vakantie was in Oosterbeek, en begaf hij zich op 30 juni daarnaartoe. Jenny was totaal verrast toen zijn visitekaartje werd binnengebracht en hij even later voor haar stond. Van 't Hoff had haar al opgemerkt tijdens de catechisatielessen die ze als tieners hadden gevolgd, maar zij herinnerde zich hem totaal niet. Ze was echter snel overtuigd nadat ze elkaar wat beter hadden leren kennen tijdens een paar wandelingen in de buurt. Op 9 juli schreef ze aan haar vriendin en vertrouweling Agathe Mees, dat zij Van 't Hoff haar jawoord had gegeven.¹⁰⁶ In een latere brief beschreef zij haar kersverse verloofde:

Hij is in 't geheel niet mooi, maar ik vind zijn gezicht allerplezierigst. Hij is blond en heeft ongeveer de groote van Ferrand; net goed om een arm te geven, als hij geleerd heeft zijn arm wat beter te houden. Dat zal ik hem in Rotterdam goed leeren; ik zal heel wat moeite hebben hem netjes en kalm door de stad te leeren loopen; hij weet eigenlijk volstrekt niet hoe de dingen hooren en heeft tot nog toe aan alle dames aller ongezelligste armen gegeven.[...] Hij is wel wat verlegen voor vreemde menschen [...] en wordt zenuwachtig in het vooruitzicht van een visite te maken [...] maar hij laat het niet blijken als hij er eenmaal aan bezig is, en ik moet bekennen dat ik ook bij die gelegenheden niet kalm was. [...] Nu heb ik je heel wat van hem verteld niet waar, maar nog niet het liefste, dat hij zoo teeder en gevoelig is.¹⁰⁷

Omdat Jenny's vader, die ook bij de bank van R. Mees en Zoonen had gewerkt, reeds in 1861 was overleden, was de oudste broer van Marten, Adriaan Mees, voogd geworden over de jongste kinderen, zoals in die tijd gebruikelijk was. Waarschijnlijk heeft Van 't Hoff naast de moeder van Jenny ook hem om haar hand gevraagd.

De verloving moest alleen nog wel geheim blijven, omdat zijn ouders samen met zijn broer Jacob op reis waren in Duitsland en Oostenrijk en nog nergens van afwisten. Van 't Hoff ging ze daarom zelf opzoeken, want toevalligerwijs had ook hij in Duitsland enige zaken af te handelen, en wel in Straatsburg. Nadat hij begin 1878 was benoemd tot lector in de mineralogie, vond hij dat hij zijn kennis op het gebied van kristallen en mineralen diende

op te vijzelen. Daarom had hij gevraagd of hij een paar weken bij de Duitse hoogleraar in de mineralogie Paul Heinrich Groth mocht doorbrengen om daar een 'kristallografisch practicum' te doen. Groth was sinds 1872 aan de Universiteit van Straatsburg verbonden en gold als een van de grote namen op het gebied van de mineralogie. Uit een brief van Jenny blijkt dat Van 't Hoff midden juli voor veertien dagen naar Duitsland vertrok. Hij moest 'voor de "Nieuwe Amsterdamsche Academie" "cristallen" verzamelen en [...] zijn zusje en broers naar Baden Baden brengen, waar hij zijn ouders ontmoeten zal'.¹⁰⁸ Het onderzoek dat hij bij Groth in slechts twee weken uitvoerde, werd in 1880 gepubliceerd.¹⁰⁹ Groth schreef daar later over aan Cohen:

Daar valt uit op te maken dat Van 't Hoff, zoals gezien zijn grote gaven al te verwachten was, in een tijd van maar een paar maanden de kristallografie ook praktisch heeft leren beheersen.¹¹⁰

Groth en Van 't Hoff zouden meer dan dertig jaar lang met elkaar blijven corresponderen, altijd over hun onderzoek. Dat ze elkaar vanaf het begin lagen, bleek al uit de allereerste brief die Van 't Hoff aan Groth stuurde na zijn terugkomst in Amsterdam. Daarin verontschuldigde hij zich dat hij niet direct een serie kristallografische berekeningen had uitgevoerd en opgestuurd: 'Vanwege liefdesbeslommingen zijn deze nu pas klaar'.¹¹¹

Die liefdesbeslommingen hadden in huiselijke kring nog wel een staartje gekregen. Zijn vader was namelijk zeer verbolgen over de plotselinge stappen die zoonlief had ondernomen in de richting van Jenny, en met name over het feit dat hij daar van tevoren met zijn ouders met geen woord over gesproken had. Hij ervoer 'een pijnigend gevoel van teleurstelling [...] na zoo intieme verhouding van vroegeren tijd'.¹¹² Het werd nog erger toen Van 't Hoff begin oktober zijn verlangen te kennen gaf nog vóór het einde van het jaar, rond Kerstmis, te willen trouwen. Wat er precies is voorgevallen is onduidelijk, maar dat het conflict met zijn ouders maandenlang gespeeld heeft is zeker. Begin december schreef hij aan Jenny:

Nog altijd blijft de Oosterbeeksche moeielijkheid bestaan; ik heb nog eens aan Mama trachten uit te leggen, waarom ik mijn hartsgeheimen, voor zoover die 't chapiter dames betroffen, niet met haar aanroerde; maar een vergelijk is onmogelijk.¹¹³

Zeker was wel dat Van 't Hoff er volledig van overtuigd was in Jenny de ware te hebben gevonden:

Ik druk ook Jenny op het hart,¹¹⁴ dat ze van mij moet blijven houden, niet omdat ik zoovele affecties vaarwel zeg, maar omdat ik er geen heb, waar-

toe ik zou kunnen terugkeeren dan de gedachte aan eenzame beroemdheid door natuuronderzoek, die mij zeer tegenlacht, maar die op zich zelf iets ijskouds heeft. Ik heb mij wel eens voorgesteld, dat de Koolstof, waaraan ik nogal veel heb gewerkt, een meisje was, natuurlijk zwart gekleed en gesluierd, en dikwijls kon ik mij dat zoo duidelijk voorstellen, dat in de verschijning iets liefs was; maar die kwam nooit ongezocht, en was nooit een verrassing, en had altijd iets straks; zoo anders als het wezenlijke meisje Jenny Mees, dat de deur open doet, als ik in den gang kom aanwandelen.¹¹⁵

Ook zijn vader en moeder zagen uiteindelijk onder ogen hoe belangrijk Jenny voor Van 't Hoff was. Bovendien had zij inmiddels op beiden een erg goede indruk gemaakt en zo werd half december de vrede getekend. Vader zorgde voor de administratieve afhandeling van de ondertrouw op het stadhuis, moeder kocht een 'bruiloftsbouquet' en Van 't Hoff hoefde alleen maar te zorgen voor een bruidscadeau.¹¹⁶

Het huwelijk vond plaats op 27 december 1878. Een kleine smet op de feestelijkheden was nog wel dat een aantal familieleden van moederskant schitterde door afwezigheid, net als Van 't Hoff's beste vriend Beijerinck.¹¹⁷ Vermoedelijk had dit te maken met de geruchten die op dat moment de ronde deden in de stad over de financiële problemen van een goede zakenvriend van Marten Mees, Lodewijk Pincoffs. Deze Rotterdamse zakenman, die samen met Mees een belangrijke rol had gespeeld bij de groei van de Rotterdamse haven, was in de problemen gekomen toen hij geld dat tal van Rotterdamse prominenten bij hem hadden geïnvesteerd, had laten verdwijnen in een Ponzi-achtig schema. Hij vluchtte volledig berooid ('van miljonair tot kranten- en sigarenverkoper') in mei 1879 naar New York, en liet veel Rotterdammers met enorme verliezen (in totaal bijna 10 miljoen gulden) achter.¹¹⁸ Waarschijnlijk werd de familie Mees hier toen al op aangekeken. Dat zal Van 't Hoff weinig hebben uitgemaakt. Hij vertrok na het huwelijksfeest voor een paar dagen met Jenny naar Parijs en na terugkomst in Amsterdam betrokken ze samen een bovenhuis aan de Binnen-Amstel (op nummer 61), niet ver van de Magere Brug. Dat was intussen door zijn ouders ingericht.¹¹⁹ Ondanks al zijn onzekerheden en sombere buien, had hij het goed voor elkaar: als 26-jarige was hij benoemd tot hoogleraar en getrouwd met een 'goede partij'. Nu was de tijd daar om een gezin te stichten én ervoor te zorgen dat de scheikundige wereld zijn naam leerde kennen, of, zoals hij het zelf had uitgedrukt in zijn oratie: hij ging op weg naar die 'eenzame beroemdheid door natuuronderzoek'.



Op weg naar een nieuwe chemie

Waar de natuurwetenschappelijke speculatie oogsten wil, moet de akker van tevoren door de waarneming zijn voorbereid. – Emil Fischer¹

Scheikunde in Amsterdam

Tot ver in de negentiende eeuw speelde een vak als scheikunde binnen het universitaire onderwijs een ondergeschikte rol. Dat gold evenzeer voor de faculteit der Wis- en Natuurkunde in zijn geheel. Die had volgens het Organiek Besluit een hoofdzakelijk ondersteunende functie gekregen en was verantwoordelijk geworden voor het propedeutisch onderwijs aan medische studenten.² ‘Eigen’ studenten waren zeldzaam, voornamelijk omdat een beroepsperspectief ontbrak. Met de oprichting van de hbs in 1863, waar aanzienlijk meer uren besteed werden aan natuurwetenschappelijk onderwijs dan aan de Latijnse School, het latere gymnasium, kwam daar verandering in. Er waren opeens veel leraren nodig, die bovendien goed betaald werden, en daarom nam het aantal studenten toe, hoewel hun aantal nog altijd maar zo’n 2-3 procent van het totaal uitmaakte. Hun studieprogramma was, net als de leeropdracht van de hoogleraren, uitzonderlijk breed en besloeg voor het kandidaatsexamen de vakken wiskunde, natuurkunde, sterrenkunde en natuurlijke historie, terwijl daar voor het doctoraal de scheikunde en de geologie bij kwamen. In de praktijk kwam er van dit programma vaak niet veel terecht, en had een student de vrijheid zich te laten examineren in het gedeelte der wetenschappen waarin hij ‘een stand gekozen heeft’.³

Van 1815 tot 1876 hadden hoogleraren geen specifieke leeropdracht: ze werden benoemd in een bepaalde faculteit en verdeelden vervolgens de lessen onder elkaar. Dat leidde soms tot merkwaardige combinaties van vakken die door een en dezelfde hoogleraar werden onderwezen. Zo doceerde de voorganger van Gerrit Jan Mulder in Utrecht tot 1840 de combinatie geneeskunde, chemie, farmacie en natuurlijke historie. De snelle vooruitgang in de natuurwetenschappen leidde tot een verdieping en uitbreiding van de afzonderlijke disciplines, en tot het ontstaan van geheel nieuwe gebieden. Dat had tot gevolg dat hoogleraren vaak niet meer in staat waren om alle ontwikkelingen te overzien, laat staan die te onderwijzen. Opeenvolgende ministers en commissies kwamen daarom met voorstellen om het onderwijs in de faculteit op te splitsen in verschillende studierichtingen. Uiteindelijk zouden dat er volgens de Wet op het Hoger Onderwijs van 1876 zes worden: (1) de wis- en sterrenkunde, (2) de wis- en natuurkunde, in een theoretische en een meer ex-

< Van 't Hoffs privélaboratorium aan de Groenburgwal.

perimentele variant, (3) de scheikunde, (4) de aard- en delfstofkunde, (5) de plant- en dierkunde, en (6) de artsennijbereidkunde.⁴

Tot dan toe was aan bijna alle universiteiten in Nederland de scheikunde *in zijn totaliteit* door een enkele hoogleraar bestudeerd en onderwezen. Er werd in het door de hoogleraar bestreken terrein geen onderscheid gemaakt tussen de omzetting en synthese van organische verbindingen, oorspronkelijk veelal uit natuurlijke grondstoffen onttrokken, dan wel anorganische verbindingen van metalen met zuurstof, zwavel etc. Zo bekleedde Tjaden Modderman in Groningen van 1869 tot aan zijn overlijden in 1893 de (ongedeelde) leerstoel chemie. In Leiden werden echter al in 1874 met Franchimont en Van Bemmelen aparte hoogleraren voor de organische en de anorganische chemie benoemd; Utrecht volgde twee jaar later, na het overlijden van Van Kerckhoff en de benoeming van zijn opvolgers Mulder en Dibbits in diezelfde deelgebieden. In Amsterdam maakten Gunning en Van 't Hoff echter een andere keuze. Zij besloten in 1878 de chemie te verdelen in een algemene en een speciale tak, de eerste gericht op de grondbeginselen, de tweede meer aangepast aan de behoeften van de medische studenten, die met meer dan 75 procent van de studentenpopulatie van de nieuwe universiteit nog altijd verre in de meerderheid waren. Op zich was er dus iets voor die keuze te zeggen, al liep het vanaf het begin niet allemaal even soepel: 'De studenten kregen daardoor wel eens tweemaal hetzelfde te hooren, maar wonnen wellicht toch doordat wij beiden dat deden, waarvoor wij het meest geschikt waren.'⁵

Na 1880 vond een aanpassing plaats en behandelde Van 't Hoff de systematische chemie 'waarbij de materiele data slechts mochten verschijnen als uitingen der alles beheerschende gedachte', terwijl Gunning meer de 'chemische feiten' behandelde die vanuit een historisch, praktisch of technisch oogpunt belangrijk waren, 'schoon zij de theorie niet vooruit helpen'.⁶ Maar die verdeling in een meer wetenschappelijk/theoretisch en een toegepast/praktisch deel bleek in de jaren daarna helemaal niet te werken. De overlap tussen de onderwerpen die beiden behandelden leidde tot tijdrovende herhalingen. Hierdoor was er voor de organisch-chemische onderwerpen nauwelijks tijd over en sneuvelde de fysiologische chemie bijna helemaal, terwijl die juist zo belangrijk was voor medici. Jaar na jaar klaagden de studenten erover 'dat aan de Amsterdamsche Universiteit in hetzelfde lokaal twee Hoogleraren hetzelfde vak doceeren, zonder ooit eenig blijk te geven, dat ze zich bewust zijn van elkanders werkzaamheid'.⁷ Pas in het cursusjaar 1889/1890 zou Amsterdam het voorbeeld volgen van de rijksuniversiteiten: Gunning doceerde in het vervolg de organische, Van 't Hoff de anorganische chemie. Terecht maakten de studenten hier een opmerking over: het was slechts hun bedoeling geweest om de praktische lessen van Gunning beter te laten aansluiten bij de theoretische van Van 't Hoff. En dat was met deze verdeling nauwelijks meer mogelijk...



Interieur van het oude Chemisch Laboratorium aan de Groenburgwal in Amsterdam.

Ook in het laboratorium hield Gunning zich veel meer bezig met praktische toepassingen dan met wetenschappelijk onderzoek. Zo deed de politie af en toe een beroep op de diensten van het chemisch laboratorium, bijvoorbeeld om in een moordzaak uit te zoeken of een vrouw die ervan verdacht werd haar echtgenoot met rattenkruid te hebben omgebracht sporen van het middel (arsenicum) op haar kleren had.⁸ Af en toe moesten Gunning en Van 't Hoff ook als getuige opdraven in rechtszaken. Andere externe opdrachten betroffen analyses voor de gemeentelijke gezondheidsdienst of de rijkslandbouwproefstations – elke week werd er bijvoorbeeld een bus melk afgeleverd ter bepaling van het vetgehalte.⁹ Een speciale positie nam het suikeronderzoek in. In juli 1884 was door de regering een Commissie voor Suikeronderzoek ingesteld, met Gunning als voorzitter, die tot taak had de zuiverheid van suikermongers te bepalen ten behoeve van de wet op de suikerraccijns. Als 'Adviseur voor Wis-, Natuur- en Scheikundige Zaken' van het ministerie van Financiën had Gunning jarenlang gepleit voor een meer wetenschappelijke benadering van het productieproces en van de analyse in de suikerfabriek.¹⁰

Om de zuiverheid van suikermongers te bepalen, werd aanvankelijk afgegaan op de kleur ervan in oplossing, maar later werd gebruik gemaakt van een *polarimeter*. Daarmee kon van een suikeroplossing, die optisch actief is, de draaiing van het polarisatievlak worden gemeten, die weer evenredig is met

de suikerconcentratie. Om nu het juiste gehalte aan kristalsuiker in een oplossing te bepalen, waren nog wel allerlei correcties nodig. Daar werd tot in de Tweede Kamer uitgebreid over gediscussieerd, vooral ook omdat deze in verschillende landen op verschillende wijze werden uitgevoerd. Uiteindelijk werd in een wet vastgelegd op welke manier het suikergehalte diende te worden bepaald en ook wie dat zou moeten doen. Bij elke bietencampagne werden ambtenaren (commiezen van de dienst accijnzen) op de fabrieken gestationeerd om de analyses uit te voeren op basis waarvan de te heffen accijns werd vastgesteld. Fabrikanten die hun technieken verbeterden om zo tijdens het proces van indikken en kristalliseren méér suiker aan de ruwe oplossing te onttrekken dan werd aangenomen, hadden hierbij voordeel. Over die extra productie of 'overponden' werden zij dan niet aangeslagen.¹¹

Als er discussie ontstond over de uitkomsten van bepaalde analyses, dan werd de hulp ingeroepen van een driehoofdige commissie van scheikundigen, 'gezeteld te Amsterdam', die 'op uitnoodiging van het voorzittend lid zoo dikwijls dit noodig is [vergadert] om in geschillen tusschen belanghebbenden en ambtenaren over het gehalte van suiker zoo spoedig mogelijk te beslissen'.¹² En zo kwamen op een zaterdag om de twee weken de leden van de Suikercommissie (Gunning, Van 't Hoff en de Delftse hoogleraar Sebastiaan Hoogewerff) bijeen in de bibliotheek van het Chemisch Laboratorium in Amsterdam om suikerm monsters te analyseren: afwegen, oplossen tot 250 milliliter, klaren en ontkleuren. Het betrof hier een nauwgezet werkje omdat wel veertig analyses gelijktijdig werden uitgevoerd. De bibliotheek was die dag dan ook tot groot ongerief van studenten en assistenten gesloten, en pratende leden werden geweerd.¹³ Het was een lucratieve bijbaan: elk commissielid kon rekenen op een vergoeding uit 's Rijks kas van 1000 gulden per jaar.¹⁴

Van 't Hoff's activiteiten 'in de suiker' zouden nog een staartje krijgen. In 1893 wees hij Gerrit Hondius Boldingh, een van zijn promovendi, op het merkwaardige feit dat scheikundigen die in de suikerindustrie werkzaam waren, bijna zonder uitzondering hun opleiding daarvoor *buiten* Nederland hadden genoten. Boldingh kwam daarop met het idee om zo'n opleidingsschool in Nederland te stichten. Een andere promovendus van Van 't Hoff, Jochum Kornelius van der Heide, die ook in 1893 zijn proefschrift met succes zou verdedigen, liep al rond met plannen om na zijn promotie een eigen laboratorium voor scheikundig onderzoek te beginnen, en de twee besloten om samen te gaan werken.¹⁵ Suikeranalyses werden namelijk bijna uitsluitend in particuliere laboratoria uitgevoerd.¹⁶ Op 1 mei 1893 opende het 'Scheikundig Laboratorium Boldingh en Van der Heide' op de Prinsengracht 504, waarmee tevens de basis werd gelegd voor de oprichting van de 'School voor de Suikerindustrie' in maart 1894. Aanvankelijk was het aantal leerlingen, dat grotendeels bij Van 't Hoff vandaan kwam, nog beperkt, maar al gauw konden er andere docenten aangetrokken worden en moest worden uitgezien naar een groter

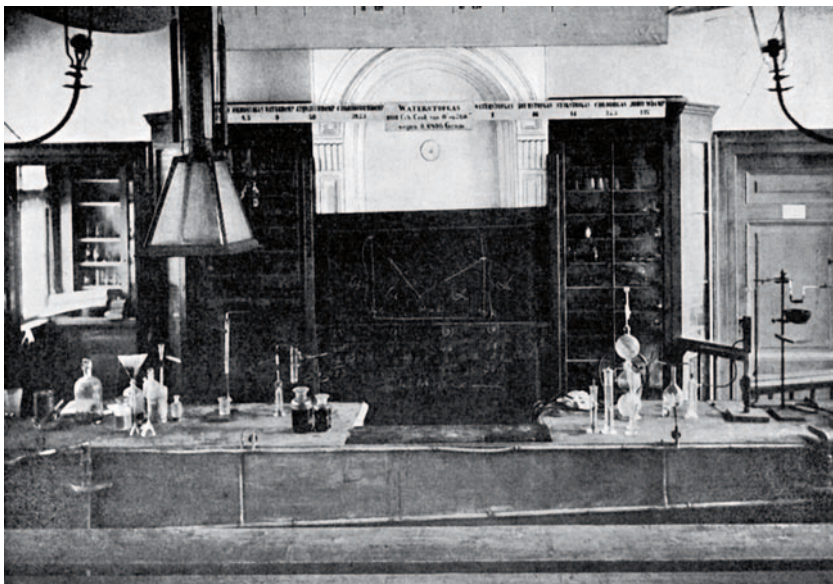
pand, Herengracht 567.¹⁷ In 1897 richtten Boldingh en Van der Heide ook nog de Hollandsche Melksuikerfabriek in Uitgeest op, waar uit melkwei, dat tot dan toe als waardeloos bijproduct van de kaasbereiding werd weggegooid, lactose werd gewonnen. Tot 1909, het jaar waarin hij in Amsterdam werd benoemd tot hoogleraar in de farmaceutische en analytische chemie, was Boldingh als directeur aan die fabriek verbonden.¹⁸

De strijd tegen Morpheus

Behalve zijn werk voor de Suikercommissie had Van 't Hoff weinig andere praktijkgerichte beslommeringen. Dat had hem in staat moeten stellen om zich naar hartenlust aan wetenschappelijk onderzoek te wijden, dat 'door hem werd aanbeden',¹⁹ als hij niet ook een flinke onderwijstaak zou hebben gehad. Zijn leven lang heeft hij een haat-liefdeverhouding gehouden met het onderwijs aan studenten. Omdat hij 's avonds en soms ook 's nachts doorwerkte aan zijn eigen onderzoek, vielen de ochtendcolleges hem in die tijd erg zwaar: 'De colleges en de strijd tegen Morpheus zijn weêr geheel aan den gang; hedenmorgen matig gegeeuw, meer reeds dan eergisteren, intusschen welgemeend.'²⁰ In zijn eerste jaren als hoogleraar lijken de studenten dat te merken: Van 't Hoff 'mist zeer veel van het boeiende in de voordrachten van zijn collega', maar maakte het goed door 'buitengewone helderheid en nauwgezetheid in het opvatten van zijne taak'.²¹ Datzelfde jaar werd er bovendien geklaagd over zijn onduidelijke handschrift, dat van de achterste banken af nauwelijks te ontcijferen was. Een andere klacht was dat hij weinig aandacht besteedde aan collegeproeven. Maar hoe langer hij les gaf, des te beter ging het hem af:

De colleges van Prof. Van 't Hoff verheugen zich in de blijvende ingenomenheid der talrijke auditores. De gemakkelijheid, waarmede men 's Hoogleeraars woorden kan opvangen, de duidelijkheid, welke al wat hij betoogt vergezelt, maar vooral zijne onovertroffen methode, waarbij hij ons telkens op algemeene gezichtspunten wijst, kunnen wij niet genoeg waardeeren.²²

Voor de eerstejaarscolleges in de collegezaal op de eerste verdieping van het laboratorium aan de Groenburgwal wist zijn latere student J.J. van Laar nooit meer dan een ongemakkelijke staanplaats achteraan te veroveren. Maar bij de colleges voor kandidaten, 'werd van 't Hoff meer "en pantoufles" en ging hij heel ongedwongen met zijn 2 à 3 toehoorders om'.²³ Zelfs zijn colleges over mineralogie, kristallografie en geologie werden bijzonder gewaardeerd, ook al had hij zelf met deze vakken zo weinig voeling, dat hij maar al te vaak redenen verzoon om ze niet te hoeven geven. Pas in 1891 kon hij ze overdragen aan G.A.F. Molengraaff die toen als buitengewoon hoogleraar in die vakken was benoemd.²⁴



Collegezaal in het laboratorium aan de Groenburgwal in Amsterdam.

Een serie van voordrachten, oorspronkelijk gehouden in Berlijn, en tussen 1898 en 1900 uitgegeven onder de titel *Vorlesungen über Theoretische und Physikalische Chemie* geven een idee van de inhoud van de colleges die hij in latere jaren gaf. Op de voor hem zo typerende, uiterst systematische manier behandelde hij daarin de grondslagen van de fysische chemie: evenwichten, eigenschappen en structuur van moleculen en ten slotte de samenhang tussen chemische en fysische eigenschappen en de moleculaire structuur: ‘Te hoog gegrepen voor beginners maar een openbaring voor de meer gevorderden.’²⁵ Een nadeel van zijn heldere en duidelijke colleges was dat de collegebanken vaak stampvol zaten en hij het onderwijs steeds meer als een last begon te ervaren: ‘De colleges zijn moeilijk, lokaal koud, aandacht weg, onderwerp uitgeput; ik besloot Maandag (voor ’t eerst) een aardigheid te vertellen en heb, zeker om de zeldzaamheid, een applaus inge oogst; ik heb hen toen gepoetst, vijf minuten te vroeg, groote vreugd van beide kanten.’²⁶ Naast de hoorcolleges waren er ook nog elke middag practica, al werd hij daarbij door assistenten terzijde gestaan. Verder was hij in de maanden mei en juni bijna de hele week kwijt aan het afnemen van tentamens van medicijnenstudenten. Gunning deed dat efficiënter en had hiervoor een geheel eigen methode ontwikkeld:

Aanvankelijk was dan het kleine spreekkamertje aan de Groene Burgwal gevuld met kandidaten en, na korte gemeenschappelijke ondervraging, werd de beste weggezonden en dan de beste van de rest, tot na een niet al te

langen tijd eenige bleeke, onzekere verschijningen achterbleven, die dan met groote mildheid werden geëxecuteerd.²⁷

Bovendien veranderde er jaar na jaar natuurlijk niet erg veel wat betreft de inhoud van de colleges, zeker niet voor de eerste- en tweedejaars. Tegen Ernst Cohen zei Van 't Hoff eens: 'Als men bijna twintig jaar lang, ieder jaar opnieuw, [eerstejaars] geleerd hebt dat kaliumpermanganaat oxiderend werkt, dan begint dat te vervelen.'²⁸ Later zou dit een belangrijke reden voor hem zijn om zijn Amsterdamse positie te verruilen voor een Akademie-hooglerschap in Berlijn, waarbij hij bijna geheel was vrijgesteld van onderwijs.

Eerder werd al gememoreerd dat Van 't Hoff tijdens zijn dienstverband aan de Rijksveeartsenijschool weinig experimenteel werk had gedaan. Toch had hij daar wel de beschikking gehad over een laboratorium en ook in ruime mate over de benodigde hulpmiddelen. Dat bracht de latere directeur van de school, Van der Plaats, ertoe om in een in memoriam Van 't Hoff de eerste chemicus te noemen 'die beroemd werd zonder experimentator te zijn.'²⁹ Over zijn experimentele vaardigheden werd ook door anderen niet onverdeeld positief geoordeeld. Eerder hebben we gezien dat Van 't Hoffs toenmalige collega's in het laboratorium van Kekulé in Bonn slecht te spreken waren over zijn synthetisch-organische werk – men maakte zich zelfs vrolijk over zijn onhandigheid³⁰ – en ook Franchimont, die een jaar eerder bij Kekulé had gewerkt, had daar geen gunstig oordeel over.³¹ Hierbij moet wel worden aangekend dat hij zich in Bonn volledig met organische synthese bezighield, terwijl daar na zijn komst naar Amsterdam nauwelijks nog sprake van was. Zoals we later zullen zien, wilde Van 't Hoff de fysische en chemische eigenschappen van moleculen verklaren uit hun chemische structuur. Daarbij gaat het niet zozeer om het synthetiseren van verbindingen, maar om het verklaren waarom sommige stoffen wél met elkaar reageren en andere niet, of waarom sommige reacties snel verlopen en andere langzaam. Als onderbouwing van zijn theoretische beschouwingen over chemische reacties en het chemisch evenwicht, had hij derhalve veel meer behoefte aan nauwkeurige metingen van allerlei *fysische* parameters, zoals de oplosbaarheid, de osmotische druk en de geleidbaarheid, en dat vereist andere dan synthetische vaardigheden.

Nu waren het sowieso meestal zijn studenten en assistenten die die metingen uitvoerden, maar dat betekent niet dat hij helemaal niets deed: 'bijna altijd was het een vernuftig denkbeeld van Van 't Hoff, dat de wijze van experimenteren beheerschte of er een gelukkige wending aan gaf.'³² En even verder in hetzelfde artikel valt te lezen:

Ja, hij moge dan niet het geduld hebben gehad om bijvoorbeeld talrijke stoffen te bereiden en te analyseren of om tallooze oplosbaarheidsbepa-

lingen te verrichten maar wie hem heeft mogen gadeslaan bij zijn proef-
ondervindelijk werk heeft hem bewonderd om de vernuftige inrichting
van zijn toestellen en de juiste keuze van de weinige doch beslissende ex-
perimenten.

Hoewel hij zelf altijd zei te houden van het experimenteren, 'het werken met potten, pannen en flesschen, met zuren, zouten en basen; het buigen en blazen en snijden van glas; het schudden en distilleeren en pompen en koelen; het hanteeren van fijne instrumenten',³³ was experimentele handigheid hem niet echt gegeven. Dat gaf hij zelf ook wel toe, bijvoorbeeld tijdens de viering van het 25-jarig jubileum van zijn proefschrift: 'Ik, die meer theoreticus ben, had niet altijd het geduld en het inzicht in wat noodig was voor de verwezenlijking van een taak in het laboratorium.' Maar met veel doorzettingsvermogen, een ordelijke manier van werken en een grote ijver '[maakte] hij zich die technieken eigen die hem in het laboratorium te pas kwamen'.³⁴ Als hij bij zichzelf een zwakte onderkende, dan probeerde hij daar bewust iets aan te doen. Zo werd er stiekem gelachen over zijn hartstocht tot etiketteren: 'ieder glaasje en buisje moest gemerkt zijn met een teeken voor de zaal, waarin het gebruikt werd. Die etiketteerwoede evenwel was bij Van 't Hoff een middel van zelfdwang tot ordelijkheid, en toen hij eenmaal den slag van administreeren gewonnen had, kon hij het wel missen, dat etiketteeren: het had hem geschoold'.³⁵

Het chemisch laboratorium op de Groenburgwal besloeg twee verdiepingen. Beneden was een grote zaal geheel gereserveerd voor studenten, boven was een flinke ruimte als privélaboratorium ingericht. Erg rustig was het daar niet, Van 't Hoff noemde het zelf ooit eens 'een soort van chemische effectenhoek';³⁶ iedereen liep er even gemakkelijk in en uit, terwijl promovendi en buitenlandse bezoekers de ruimte gebruikten voor eigen experimenten. Van 't Hoff zelf had een werkbank voor een van de ramen. Daar was hij de hele dag van 's morgens negen uur af aanwezig, soms onafgebroken tot laat in de avond, tenzij zijn vrouw Jenny hem rond het middaguur persoonlijk kwam halen om te voorkomen dat hij zijn middageten zou vergeten. Achter het laboratorium was een kleine kamer, die hij als studeerkamer en spreekkamer gebruikte. Oorspronkelijk was de regel dat wanneer hij zich daar had teruggetrokken, hij niet gestoord mocht worden, maar naarmate het ruimtegebrek toenam, fungeerde de spreekkamer ook als mineralogisch kabinet en als plaats waar gasanalyses werden gedaan.³⁷

Dat laat zien dat Van 't Hoff meer *naast* dan boven alle anderen in het laboratorium stond. Elke week werden in 'een gezellige bijeenkomst' de resultaten van de afgelopen week besproken, nieuwe ideeën bediscussieerd en nieuwe experimenten overwogen.³⁸ Verschillende anekdotes getuigen van Van 't Hoff's

onopvallende aanwezigheid. Zo meende zijn assistent Lodewijk Reicher eens in de grote zaal een medicijnenstudent te moeten corrigeren omdat deze een experiment verkeerd aanpakte, waarop Van 't Hoff, want hij was het, antwoordde: 'Ik dank je zeer voor je goede raad, zo ga ik het doen.' Een andere persoonsverwisseling vond plaats toen de amanuensis Claessens, een statige man in pak met een grote zwarte baard, eens door een buitenlandse bezoeker werd begroet als 'hooggeëerde professor'. Toen de gast op zijn fout werd gewezen en vervolgens op Van 't Hoff werd gewezen die het laboratorium was binnengekomen, weigerde hij deze te begroeten: 'Die bescheiden uitzierende jongeman met het uiterlijk van een hbs-leerling zou de grote Van 't Hoff zijn? Jullie houden me voor de gek!'³⁹ Sindsdien werd Claessens door iedereen 'de professor' genoemd, omdat hij, zoals Van 't Hoff dat zelf uitdrukte 'de mij ontbrekende ambts-allures goedmaakte'.⁴⁰ Hij was een vaderfiguur, de primus inter pares. Toen een van de assistenten een ongelukje had tijdens een experiment en daar erg van geschrokken bleek te zijn, nam Van 't Hoff hem mee naar buiten voor een wandeling en trakteerde hij hem op een bordje soep in een restaurant.⁴¹ Van 't Hoff's eerste promovendus was Johannes Romeny. Die was al voordat Van 't Hoff naar Amsterdam kwam aan zijn onderzoek naar de vorming en ontleding van methyleen-methylamine begonnen, maar rondde dat onder diens begeleiding af. Omdat Van 't Hoff als lector nog niet het ius promovendi had, en het onderzoek bovendien sterk organisch-chemisch van karakter was, werd besloten dat Romeny bij Franchimont in Leiden zou promoveren.⁴² Een van zijn stellingen wees echter in de richting die Van 't Hoff met zijn eigen onderzoek in Amsterdam zou uitgaan: 'Chemische reacties hebben niet altijd in die richting plaats, waarin de meeste warmte vrijkomt.'

De Ansichten

Zoals hierboven betoogd, was Van 't Hoff met zijn brede kennis van de chemische literatuur en zijn inzicht in fundamentele vragen eerst en vooral een theoreticus. Hoewel dat pas in het midden van de jaren tachtig in al zijn duidelijkheid zou blijken, werden de eerste tekenen ervan al zichtbaar toen hij nog verbonden was aan de Rijksveeartsenijschool. Begin april 1877 deed hij namelijk per brief een voorstel aan de uitgeverij Vieweg in Braunschweig. Vieweg had het jaar daarvoor zijn *La chimie dans l'espace* uitgegeven, en had in de jaren daarvoor een sterke positie opgebouwd op het gebied van de chemie met uitgaven van werk van onder andere Bunsen en Wöhler.⁴³ Van 't Hoff legde de directeur van de uitgeverij, Eduard Vieweg, de vraag voor of deze wellicht belangstelling had voor een nieuw boek, waarin hij zijn *Ansichten über die organische Chemie* uiteen zou willen zetten.⁴⁴ Hij verwachtte dat in twee delen te doen, elk ongeveer vier keer zo lang als *La chimie dans l'espace*, en vroeg naar de voorwaarden. Vieweg reageerde snel, want binnen een week stuurde Van 't Hoff al zijn versie van de *Inleiding* op, om Vieweg een betere indruk te

kunnen geven van wat hij van plan was. Het eerste deel zou geheel gewijd worden aan de methaanderivaten, in al zijn uitvoerigheid behandeld. Het liefst had hij ook op die manier de hogere koolwaterstoffen behandeld, maar 'de daartoe benodigde studie zou een enkel individu te veel tijd kosten',⁴⁵ dus dat moest dan later met hulp van anderen worden gedaan.

Vieweg was geïnteresseerd, maar voorzag ook dat het nodig zou zijn om het door Van 't Hoff in het Duits geschreven manuscript grondig te herzien 'om de stijl te verbeteren die op talloze plaatsen de niet-Duitse oorsprong [van de schrijver] toont'.⁴⁶ Daarvoor moest een ter zake kundig chemicus worden gevonden en dat zou extra geld kosten. Daarom kon men hem niet meer bieden dan 50 mark per katern van zestien pagina's, uitgaande van een eerste druk van 1500 exemplaren. Aangezien het eerste deel bijna 320 pagina's bevatte, zou hij daar dus 1000 mark voor hebben gekregen, een niet onaanzienlijke som, ongeveer gelijk aan zes maanden salaris als lector. Het was de bedoeling dat dat eerste deel nog in 1877 zou verschijnen – het voorwoord dateert inderdaad van oktober 1877 – maar daar kwam niets van. Keer op keer moest Van 't Hoff zich verontschuldigen voor het laat opleveren van nieuwe hoofdstukken en correcties. Dat had natuurlijk alles te maken met zijn benoemingen in Amsterdam: eerst tot lector, dan met een uitgebreide leeropdracht en uiteindelijk ook nog tot hoogleraar. Pas na zijn terugkeer uit Straatsburg in augustus 1878, waar hij bij Groth kristallografisch onderzoek had gedaan, lukte het hem om de laatste teksten te corrigeren. Het boek lag eind 1878 in de winkel. Van 't Hoff droeg het op aan de directeur van de Rijksveeartsenijschool MacGillavry, die hem na zijn promotie een baan had aangeboden in Utrecht. Het tweede deel van de *Ansichten* zou nog veel langer op zich laten wachten. Pas in de zomervakantie van 1879 had hij tijd om eraan te beginnen, terwijl het tot januari 1881 duurde voor het klaar was. Om Vieweg tegemoet te komen, bood hij aan af te zien van zijn honorarium, indien de uitgave niet langer kostendekkend zou blijken te zijn. Het is niet bekend of Vieweg hierop is ingegaan. Deel twee verscheen in elk geval net voor de zomer van 1881.

Met de *Ansichten* was het niet zijn bedoeling geweest een leerboek te schrijven, maar wilde hij de organische chemie 'vanuit nieuwe gezichtspunten [...] belichten'.⁴⁷ Er is wel betoogd dat het helemaal geen boek is over organische chemie, maar over het probleem van de chemische structuur.⁴⁸ Wat voor krachten houden de atomen in een molecuul bij elkaar, waar wordt de valentie van een atoom door bepaald? Om antwoord te vinden op deze vragen, wendde hij zich tot de natuurkunde en de wiskunde. De inspiratie daarvoor ontleende hij zoals we eerder zagen aan het werk van de Franse filosoof Auguste Comte, wiens *Cours de philosophie positive* Van 't Hoff als student in Delft en Utrecht had verslonden. Comte had betoogd dat de chemie op een meer rationele basis diende te worden gegrondvest. In het derde deel van zijn *Cours*, dat aan de chemie is gewijd, deed hij hiervoor een oproep aan alle scheikundigen:

Misschien zal ik erin slagen om bij een van die eminente geesten die heden ten dage deze prachtige wetenschap beoefenen de noodzaak te laten doordringen om het geheel van fundamentele concepten die deze wetenschap uitmaken te onderwerpen aan een nieuwe en meer rationele uitwerking.⁴⁹

En later in hetzelfde deel:

Een voldoende initiële bekendheid van scheikundigen met de mathematische manier van denken zou onvermijdelijk een zeer grote en gunstige invloed hebben op de voorstellingswijze en manier van beoefenen van de chemie en dientengevolge haar verdere vervolmaking versnellen.⁵⁰

Van 't Hoff voelde zich hierdoor direct aangesproken en hij gebruikte Comtes aansporing dan ook als richtsnoer in veel van zijn werk.⁵¹ Feitelijk was hij daar al in zijn *Voorstel* mee begonnen: het verklaren van een fysische eigenschap (optische activiteit) vanuit de chemische structuur. In het eerste deel van de *Ansichten* zou hij dat uitbreiden naar andere fysische eigenschappen en later (in deel twee) ook naar chemische eigenschappen. Hierin lag de kiem van de fysische chemie, die hij in de jaren na 1887 samen met Svante Arrhenius en Wilhelm Ostwald als apart vakgebied zou grondvesten. Zo beschouwd had Emil Fischer volkomen gelijk toen hij schreef dat de *Ansichten* 'een onontbeerlijke schakel [vormden] in de keten van gedachten die Van 't Hoff uit het beperkte vakgebied der koolstofverbindingen verder leidden naar de algemene [fysische] chemie.'⁵²

In de *Ansichten* ging hij zoals in veel van zijn andere geschriften weer zeer systematisch te werk. Zijn 'In den beginne' liet niets aan twijfel over: 'De chemie is de leer der atomen, de organische chemie die van het koolstofatoom.'⁵³ Geen wonder dus dat hij allereerst het meest simpele koolwaterstof, methaan, en de daarvan afgeleide verbindingen bij de kop pakte. Zo begon hij aan een buitengewoon ambitieus boek, dat misschien daarom wel gedoemd was te mislukken. In het eerste hoofdstuk zette hij zich tot taak om het binnen de scheikunde van die dagen zo belangrijke begrip valentie te verklaren, het aantal bindingen dat een bepaald atoom aangaat. Hij deed dat vanuit de kracht tussen atomen en hun onderlinge bewegingen. Tot aan 1860 hadden scheikundigen in navolging van Berzelius aangenomen dat de krachten tussen moleculen elektrisch van aard waren. In Frankrijk daarentegen was in het begin van de negentiende eeuw onder invloed van de theorieën van Berthollet en Laplace de zwaartekracht als drijvende kracht achter chemische reacties in beeld gekomen.⁵⁴ Van 't Hoff lijkt hierin een middenpositie in te nemen: op grote afstand is de kracht tussen atomen slechts afhankelijk van hun massa's en onderlinge afstand 'net als de aantrekking tussen hemellichamen, [...] maar op korte afstand, binnenin het molecuul ontstaat de chemische werking.'⁵⁵

Vervolgens probeerde hij, volledig in overeenstemming met Comtes oproep tot mathematisering, deze ideeën te kwantificeren. Zo liet hij aan de hand van een berekening zien dat de aantrekkingskracht tussen atomen afhangt van de vorm ervan en verder dat de vorm ook de onderlinge bewegingen beïnvloedt.⁵⁶ Maar die berekening was wel weer volledig gebaseerd op Newtons zwaartekrachtswet, waarvan hij een paar pagina's eerder had gezegd dat die alleen op grote afstand tussen atomen een rol speelde. Ook Buys Ballot had eerder betoogd dat het verschil in gedrag tussen elementen toe te schrijven was aan hun verschillende vorm,⁵⁷ een opvatting waarin hij net als Van 't Hoff beïnvloed was door Laplace.⁵⁸ Aan de hand van deze twee factoren – vorm en beweging – dacht Van 't Hoff de valentie van een atoom te kunnen verklaren. Zijn probleem was dat niemand op dat moment ook maar iets wist over de aard van de 'chemische werking' of valentie en dat het dus onmogelijk was om die in getallen of formules te vatten. Dat was ook direct zijn tweede probleem, namelijk dat hij alles wat hij te berde bracht over de krachten en affiniteiten in moleculen op geen enkele manier in verband kon brengen met de praktijk, met experimentele resultaten. Zo verwonderlijk was dat niet. Op het moment dat hij de *Ansichten* schreef, had bijvoorbeeld niemand nog een idee van de grootte dan wel de absolute massa van een koolstofatoom.

Van 't Hoff kwam dan ook in de rest van het boek niet meer op zijn eerste overwegingen terug. Ook waar hij verschillende soorten verbindingen en reacties probeerde te karakteriseren aan de hand van het aantal en de sterkte van de valenties, strandden zijn pogingen vanwege gebrek aan kwantitatieve data. Zijn misschien simpele overwegingen waren een eerste poging om dit soort vragen op een vrij 'fundamentele' manier aan te pakken.⁵⁹ Verder worden de *Ansichten* gevuld met de beschrijving van eindeloze reeksen van verbindingen en chemische reacties, die worden weergegeven zonder dat er enig verband wordt gelegd tussen moleculaire samenstelling en chemische eigenschappen, waarmee hij toch zijn boek zo fris was begonnen. Volgens Holleman bevatte het boek 'een verbijsterende massa gegevens, die erin samengebracht zijn, zonder dat duidelijk wordt waarvoor ze dienen moeten.'⁶⁰ Het zal duidelijk zijn dat de *Ansichten* geen invloedrijk boek is geworden. Er is in elk geval nooit een herdruk dan wel een vertaling van gekomen. Aardig is dat Van 't Hoffs vader op vakantie in München bij een grote boekhandel navraag deed over het boek van zijn zoon. Men liet hem weten 'dat uwe Ansichten veel gevraagd werden (manchmal)'.⁶¹

In zijn invloedrijke leerboek over theoretische chemie citeert Nernst met instemming Van 't Hoffs analyse van de uitzonderlijke positie die koolstof in het Periodiek Systeem inneemt, maar laat het boek verder volledig ongenoemd.⁶² Walker noemde het zelfs 'bijna onleesbaar', al vond hij het ook illustratief voor Van 't Hoffs onafhankelijke denkwijze en van de zorgvuldige manier waarop hij 'tot de kern van een zuiver chemisch probleem probeert

te komen door het te isoleren van alles wat er niet toe doet'.⁶³ Ook Van 't Hoff zelf beschouwde zijn werk later als mislukt. Dat bleek uit een lezing voor de Deutsche Chemische Gesellschaft op 8 januari 1894, waarin hij enige zinnen wijdde aan de ontstaansgeschiedenis ervan:

Jong als ik was wilde ik toen ook de samenhang tussen chemische bouw en eigenschappen leren kennen. De structuurformule moet immers uiteindelijk een weergave van het hele chemisch gedrag zijn. Zo ontstonden mijn 'Ansichten über die organische Chemie' dat u wellicht niet kent. Dat heeft ook weinig zin. Ze hadden voor mij alleen in zoverre waarde dat ze me een bestaande lacune zeer scherp toonden.⁶⁴

De lacune die Van 't Hoff noemt was simpelweg het gebrek aan experimentele data. Later zou hij zich gaan realiseren dat wanneer hij meer over chemische reacties te weten wilde komen, het absoluut noodzakelijk was om zoiets als reactiesnelheden te kunnen meten. Dat was dus precies waar hij zich in zijn onderzoek in de jaren daarna volledig op richtte.

De wet van Guldberg en Waage

Al tijdens het schrijven van de *Ansichten* en nog verbonden aan de Rijksvee-artsenijsschool in Utrecht was Van 't Hoff begonnen om zijn begrip van het verloop van chemische reacties te verdiepen. Daarmee liep hij feitelijk vooruit op het programma dat hij na zijn verhuizing naar Amsterdam in al zijn volledigheid bij de kop zou pakken. Aanleiding was een serie artikelen die twee Franse chemici in het begin van de jaren zestig hadden gepubliceerd over het verloop van één bepaald soort reactie.⁶⁵ Samen met zijn medewerker Péan de Saint-Gilles had de grote Franse scheikundige Berthelot een uitgebreide kwantitatieve studie gedaan naar de vorming en ontbinding van esters. Esters ontstaan wanneer een organisch zuur en een alcohol met elkaar reageren onder afsplitsing van water. Van 't Hoff stelde zich tot doel de resultaten van Berthelot en Saint-Gilles te verklaren. Allereerst nam hij aan dat de snelheid van een chemische reactie evenredig is met de hoeveelheden van de bij de reactie betrokken moleculen en omgekeerd evenredig met het volume waarin deze zich bevinden – feitelijk dat de reactiesnelheid dus afhing van de concentratie van de reactanten.⁶⁶

Vervolgens realiseerde hij zich dat deze reactie twee kanten op kan: aanvankelijk reageren het zuur en de alcohol met elkaar, maar naarmate er meer ester beschikbaar komt, kan deze ook weer 'terug' reageren met het aanwezige water. Terwijl de snelheid van de 'heenreactie' in de tijd afneemt – de concentraties van de bij deze reactie betrokken moleculen nemen immers af –, zal de snelheid van de 'terugreactie', de afbraak van de ester, toenemen naarmate er meer product gevormd wordt. Dit gaat door tot de twee reactiesnelheden

aan elkaar gelijk zijn geworden, en er evenveel ester wordt gevormd als er wordt afgebroken: tegenwoordig heet het dan dat een *chemisch evenwicht* is bereikt, maar Van 't Hoff gebruikte die term nog niet. Hij wist wel een formule af te leiden voor zo'n evenwichtssituatie, waarin alle vier de betrokken moleculen in stabiele concentraties aanwezig zijn.⁶⁷ Nu hadden Berthelot en Péan de Saint-Gilles voor een groot aantal verschillende combinaties van zuren en alcoholen experimenteel vastgesteld hoeveel van een gegeven hoeveelheid zuur onder verschillende omstandigheden was omgezet wanneer er eenmaal zo'n evenwichtssituatie was ingetreden. Die metingen vormden een goudmijn voor Van 't Hoff, want hij kon er zijn model aan toetsen. Dat leverde een uiterst bevredigende overeenkomst op voor een lange reeks van metingen.

Nu was hij niet de eerste die op deze manier naar een chemische reactie had gekeken. Twee Nooren, Cato Guldberg, een wiskundige van de Universiteit van Christiania, het tegenwoordige Oslo, en zijn zwager Peter Waage, een scheikundige verbonden aan dezelfde universiteit, hadden voor het eerst in 1864 een beschouwing gewijd aan dit probleem. Zij publiceerden hun bevindingen deels in het Noors, en deels in een weinig gangbaar Frans tijdschrift, *Les Mondes*, hetgeen de verspreiding van hun ideeën in de weg stond.⁶⁸ Bovendien was



De Noorse wiskundige Cato Guldberg (1836-1902) en zijn zwager, de chemicus Peter Waage (1833-1900) die als eersten een chemisch evenwicht theoretisch wisten te beschrijven.

hun theoretische beschouwing niet gebaseerd op reactiesnelheden, maar op chemische krachten, in analogie met de wetten van Newton.⁶⁹

Net als in de mechanica is de meest natuurlijk methode in de chemie het bepalen van de krachten in een evenwichtstoestand. Dat wil zeggen, men zal chemische reacties moeten bestuderen waarin de krachten die nieuwe combinaties opleveren in evenwicht zijn met andere krachten.⁷⁰

Zij namen echter niet alleen de krachten in ogenschouw tussen de moleculen die met elkaar reageerden, maar ook de krachten tussen moleculen die in het reactiemengsel aanwezig waren en niet aan de reactie deelnamen. Dat maakte hun analyse erg complex. Waar Van 't Hoff voor de reactiesnelheid eenvoudigweg een evenredigheid postuleerde met de concentratie, namen Guldberg en Waage aan dat die concentraties nog exponenten hadden, die moesten worden bepaald door toetsing aan meetgegevens.⁷¹ Daarvoor gebruikten ze, net als Van 't Hoff, de resultaten van Berthelot. In tegenstelling tot Van 't Hoff, kwamen Guldberg en Waage niet altijd tot juiste conclusies. Zo voorspelde hun model dat door toename van de hoeveelheid zuur de reactie zou versnellen, wat Berthelot ook experimenteel had gevonden, maar ook dat meer alcohol juist tot een *tragere* reactie zou leiden, wat in tegenspraak was met de experimenten.⁷²

Als gezegd werd hun werk in de jaren daarop nauwelijks door anderen opgemerkt of toegepast. Thomsen gebruikte de theorie van Guldberg en Waage in een artikel uit 1869⁷³ en ook de Duitse chemicus August Horstmann verwees er in 1873 naar om dissociatieproeven te verklaren.⁷⁴ In het artikel van Van 't Hoff uit 1877⁷⁵ komen de namen van Guldberg en Waage echter niet voor, evenmin als in het eerste deel van de *Ansichten* uit 1878, waarin hij zijn bevindingen opnieuw voor het voetlicht bracht.⁷⁶ Pas in het tweede deel van de *Ansichten* dat drie jaar later verscheen, verwees hij wél naar het werk van de Noren.⁷⁷ Maar dat was *nadat* Guldberg en Waage hun ideeën nog eens onder de aandacht hadden gebracht in een meer algemeen bekend chemisch tijdschrift.⁷⁸ Pas in dat artikel gaven ze voor het eerst een correcte kwantitatieve uitdrukking voor de evenwichtstoestand, twee jaar *nadat* Van 't Hoff dat had gedaan voor de estervorming.⁷⁹ Er is dus geen enkele reden eraan te twijfelen dat Van 't Hoff onafhankelijk tot zijn inzichten over het chemisch evenwicht is gekomen. De prioriteit lag echter bij de twee Noren, die hun ideeën immers al in 1862 publiceerden. Omdat zij als eersten inzicht verschafte in de aard van een evenwichtsreactie, wordt de Wet van de Massawerking nog altijd de wet van Guldberg en Waage genoemd. We zullen nog zien dat ook andere wetten en regels die de naam van anderen kregen, soms eerder en in elk geval ook onafhankelijk door Van 't Hoff waren ontdekt. Hij had daar geen moeite mee en heeft zich ook nooit in negatieve zin hierover uitgelaten.

Van 't Hoff en de Akademie van Wetenschappen: een moeizame relatie

Toen het eerste deel van de *Ansichten* was verschenen en Van 't Hoff zich als hoogleraar in Amsterdam een plek had verworven, achtte Gunning de tijd rijp om hem te introduceren in de Akademie van Wetenschappen. Sinds 1855 bestond deze uit twee afzonderlijke afdelingen, meestal afgekort tot de 'Afdeling Natuurkunde' en de 'Afdeling Letterkunde'. Waar het maximaal aantal leden per afdeling reglementair was vastgesteld op vijftig, konden leden zelf bepalen of uitbreiding nodig was en welke wetenschapsgebieden ondervertegenwoordigd waren. Nieuwe leden werden 'of om hunne werken of om hunne bekwaamheden en verdiensten' op voordracht van bestaande leden toegelaten. In het laatste kwart van de negentiende eeuw zou bij het benoemingsbeleid het belang van wetenschappelijk werk steeds groter worden. Waar de (voorganger van de) Akademie in 1851 nog veel militair en civiel ingenieurs in diverse maatschappelijke betrekkingen telde, was rond de eeuwwisseling vrijwel ieder lid hoogleraar. Aanbevelingen voor nieuwe leden dienden in de vergadering van februari te worden voorgelezen, waarna een maand later gestemd werd over de vraag wie er op de kandidatenlijst zou worden geplaatst. Voor kandidaatstelling was een tweederde meerderheid nodig, waarbij blanco stemmen als een tegenstem golden. Wéér een maand later werd er 'zonder verdere discussie' opnieuw gestemd over de kandidaten waarbij de leden hun stem slechts op één kandidaat konden uitbrengen. Om gekozen te worden volstond een gewone meerderheid.⁸⁰

In februari 1879 schreef Gunning een aanbeveling voor Van 't Hoff, vooralsnog zonder enige steun van anderen. In het document passeerden alle wapenfeiten van Van 't Hoff tot dan toe in het kort de revue: het onderzoek uit zijn proefschrift, zijn *Voorstel* en de verschillende vertalingen ervan, de reacties erop, met name de kritiek van Berthelot en Kolbe, maar ook alle 'goedkeurende stemmen van de eerste autoriteiten op dit gebied: Kekulé, Landolt, V. Meyer, R. Meyer, Sohneke, Zincke enz. ongerekend de vele particuliere uitingen van sympathie'; stap voor stap werd alles gememoreerd, om te eindigen met de dan net verschenen *Ansichten*, waarvan het tweede deel 'onder handen' was. Al met al voldoende redenen 'om de candidatuur van de Dr. J.H. van 't Hoff voor het lidmaatschap der Akademie te ondersteunen'.⁸¹ Eind maart 1879 bleek echter dat Van 't Hoff niet de benodigde tweederdemeerderheid had gehaald. Er was concurrentie in de persoon van een andere jonge scheikundige, de Leidse hoogleraar Franchimont. Maar Gunning hield vol. Het jaar daarop leverde hij exact dezelfde aanbeveling in, zij het dat hij nu twee medeondertekenaars had gevonden in de personen van zijn voorganger in Amsterdam, Von Baumhauer, en Buys Ballot, die zich vanaf het begin als een steun en toeverlaat van Van 't Hoff had laten kennen. Opnieuw pakte de stemming een maand later teleurstellend uit, want met veertien stemmen voor, negen tegen en vier blanco, haalde Van 't Hoff wederom de kandidatenlijst niet.

Zelfs drie keer scheepsrecht bleek voor Van 't Hoff niet te gelden, wellicht omdat Gunning voor een derde keer zijn aanbeveling gebruikte, zonder enige aanpassing, alsof Van 't Hoff in twee jaar helemaal niets had gedaan. De stemming daarover vond plaats op 2 april 1881, helaas net toen Gunning zelf verstek moest laten gaan door ziekte. Andere kandidaten die avond waren de wiskundige Korteweg, die Van der Waals bijstond in het formuleren van zijn theorieën, en Hendrik Antoon Lorentz. Beiden werden met een grote meerderheid van 28 en 25 stemmen van de 31 aanwezigen op de kandidatenlijst geplaatst. Voordat echter de stemming over Van 't Hoff kon plaatsvinden, nam Franchimont, zelf net twee jaar daarvoor verkozen, het woord.⁸² Hij ging uitgebreid in op de motieven die door Gunning en zijn twee medeondertekenaars waren aangevoerd en vond daarop zeer veel af te dingen, omdat 'de feiten óf niet juist werden voorgesteld, óf volstrekt niet de waardeering verdienen haar door de ondertekenaars gegeven'. Van 't Hoff zou een waardig lid van de Akademie kunnen *worden*, maar zijn kandidatuur moest opnieuw worden afgewezen. Hierop betuigden twee andere chemici, Van 't Hoffs hoogleraar op de Polytechnische School in Delft, Oudemans, en zijn promotor Eduard Mulder, hun instemming met de uitspraken van Franchimont, daar zij 'voor zich reeds vroeger tot dezelfde conclusie als hun ambtgenoot [waren] gekomen'.⁸³ Dat Mulder de verrichtingen van zijn voormalige student niet erg hoog inschatte, blijkt ook uit het feit dat hij in zijn nagelaten herinneringen over de ontdekking van het verband tussen optische activiteit en de aanwezigheid van een asymmetrisch koolstofaatom zou optekenen dat het 'zoo goed als aan geen twijfel onderhevig [is] of gemelde vinding komt alleen toe aan Le B[el], terwijl door een zijn [verblijf, RvdB] in P[arijs] aan v. 't H[off] (laborant bij M[ulder]) daarvan iets schijnt te zijn opgenomen, hoe dan ook'.⁸⁴ Met andere woorden: volgens Mulder had Van 't Hoff het idee van het asymmetrisch koolstofaatom niet zelf bedacht.

Het was dan ook geen wonder dat de stemming vervolgens opnieuw negatief uitviel. De kandidatuur werd afgewezen met 23 tegen acht stemmen. Een interessante voetnoot hierbij is dat in dezelfde tijd door Franchimont, Mulder en anderen gewerkt werd aan de oprichting van een Nederlands vaktijdschrift voor scheikunde, het *Recueil des Travaux Chimiques des Pays Bas*. In een brief zet een van de oprichters, Van Bemmelen, uiteen hoe hij bij het tijdschrift betrokken raakte en op zeker moment de suggestie deed ook Van 't Hoff als redactielid uit te nodigen. Franchimont zou op dat moment hebben gezegd dat hij niet wilde dat ook Van 't Hoff tot de redactie toetrad, omdat hij met hem 'niet op beste voet verkeerde en tweespalt vreesde'.⁸⁵ Helaas is dit voorval niet nader gedateerd dan 'in 1881', dus het is niet zeker of het vóór of ná de stemming in de Akademie plaatsvond. Hoe dan ook, Gunning was des duivels. Hij liet het er niet bij zitten en schreef een brief op poten aan Franchimont.⁸⁶ In diens antwoord aan Gunning ging hij nog eens in op zijn overwegingen om de kandidatuur van Van 't Hoff af te wijzen:

De indruk, die zijne stukken mij geven, is steeds dezelfde, nl. dat hij zeer vluchtig te werk gaat, zich veel te gauw tevreden stelt, dat men er in één woord die degelijkheid in mist, die men zoo gaarne aantreft en die de blijvende waarde uitmaakt. Ik heb hiertoe gewezen op tal van onjuistheden, contradicties, die zoowel in zijne verschillende opstellen als in de *Ansichten* voorkomen.⁸⁷

Franchimont kon Gunning desgevraagd geen lijst van zijn bezwaren sturen, maar was wel bereid om in een persoonlijk gesprek een en ander in meer detail toe te lichten. Dus toog Gunning naar Leiden, luisterde aandachtig en schreef in de twee weken daarna een weerwoord van negen pagina's, waarin hij punt voor punt inging op alle bezwaren die Franchimont had aangevoerd, en deze bijna allemaal weerlegde. Verder riep hij ook per brief de hulp in van Von Baumhauer: 'Richt s.v.p. Uw brief zóó in dat ik hem voorlezen kan en zoo gij er nog eenige goede getuigenissen van Wurtz, Berthelot of anderen omtrent v. 't Hoff bij kunt doen, des te beter',⁸⁸ en overlegde hij met Van 't Hoff zelf, zelfs tot op de dag dat hij zijn 'bezwaarschrift' indiende.⁸⁹

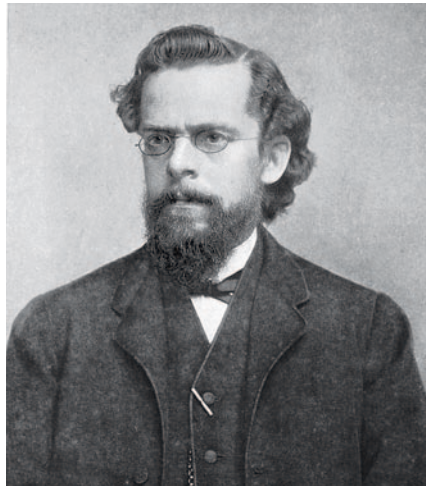
De bezwaren van Franchimont waren velerlei, en betroffen alle fasen van het werk van Van 't Hoff.⁹⁰ Allereerst waren er in zijn proefschrift kleine afwijkingen in de bij een synthese geproduceerde hoeveelheden gassen of was Van 't Hoff in de *Jahresberichte* berispt dat een beschrijving van een reactie 'sehr unklar' zou zijn.⁹¹ Verder betwistte Franchimont (ten onrechte) Van 't Hoffs prioriteit inzake de ontdekking van het verband tussen optische activiteit en het asymmetrisch koolstofatoom tegenover Le Bel en bleef hij ondanks alle aangevoerde bewijzen in de discussie rond de optische activiteit van styrol achter Berthelot staan, terwijl hij nota bene in zijn eigen leerboek had geschreven dat styrol hetzelfde was als cinnamol, dat optisch inactief was, iets wat ook Van 't Hoff had geconcludeerd.⁹² Verder had hij op zowat elk artikel van Van 't Hoff in het *Maandblad van Natuurwetenschappen* wel iets aan te merken: Van 't Hoff toonde niet aan dat een door hem voorgestelde verbetering van een stikstofanalyse daadwerkelijk beter zou zijn, had beter een ander reagens kunnen kiezen om vetzuren aan te tonen etc. etc. In zijn weerwoord stond Gunning uitgebreid stil bij elk van deze bezwaren en wist hij ze vrij overtuigend te ontzenuwen. Dat lukte minder goed waar het Franchimonts kritiek op de *Ansichten* betrof. Van 't Hoff had daar inderdaad wat slordig gewerkt, zodat volgens Gunning, 'de lijst van drukfouten [...] dan wellicht wat langer zal zijn dan bij een ander boek'. Maar, zo ging hij verder, 'wetenschappelijke lieden behooren [...] de grootst mogelijke toegeeflijkheid tegenover elkan- der in acht te nemen', om daar vilein aan toe te voegen dat hij een aantal met name door hem genoemde, onjuiste beweringen van Franchimont in diens *Leiddraad*⁹³ 'niet als eene fout zou durven aanrekenen'.

In een begeleidende brief aan de Akademie maakte Gunning nog eens ten

overvloede duidelijk dat bijna al Franchimonts bezwaren het *experimentele* werk van Van 't Hoff betroffen, terwijl zijn aanbeveling veel meer gericht was op Van 't Hoff's theoretische werk en de waardering die hij daarvoor vanuit het buitenland had gekregen:

Van 't Hoff [heeft] algemeene gezichtspunten, deels nieuw geopend, deels vernieuwd, die niet alleen op zich zelve van oorspronkelijke en diepe gedachten, ja van genialiteit, getuigen, maar die ook zeer de verdienste van opportuniteit hebben, daar zij op erkenden leemten en gebreken van de tegenwoordige ontwikkelingsphase der Chemie slaan en wegen tot mogelijke voorziening daarin aanduiden.⁹⁴

Gunning gaf toe dat Franchimont hier en daar wel degelijk een punt had. Van 't Hoff was af en toe slordig, er waren 'vlekjes, misschien een enkele vlek [...] aan te wijzen, doch deze hadden in mijne oogen geen grootere betekenis dan als niet zeldzame gebreken van jonge, eierzuchtige en met eene krachtig werkzame phantasie begaafde mannen.' Maar Gunning voerde een verloren strijd, want de Akademie kon natuurlijk niet terugkomen op een eenmaal genomen besluit. Met zijn lange weerwoord zorgde hij er in elk geval voor dat de kritiek van Franchimont niet onweersproken bleef.



De Leidse chemicus Antoine Franchimont (1844-1919).

Franchimont reageerde een halfjaar (!) later. Hij achtte Gunnings weergave van zijn commentaar een karikatuur en voelde zich ook niet geroepen om de verdediging van deze 'denkbeeldige Franchimont' op zich te nemen. Wel gaf hij een kijkje in de keuken over wat er na de stemming over Van 't Hoff in 1880, dus het jaar daarvóór was gebeurd. De voorzitter, de Utrechtse hoogleeraar Donders, die na zijn promotie zo hoog over Van 't Hoff had opgegeven

en dus zeker tot de voorstемmers zou hebben behoord, zou toen hebben gezegd dat het ‘niet mooi stond “la mort sans phrase” uit te spreken over personen die door sommigen onzer als groote geleerden beschouwd werden.’⁹⁵ Dit had Franchimont er naar eigen zeggen toe gebracht om in 1881 zijn overigens ongewijzigde oordeel meer te onderbouwen:

aangezien de Heer van 't Hoff zich bij zijne proefnemingen al te licht tevreden stelt, in het trekken van besluiten te voorbarig is en gewoonlijk hetgeen hij beweert niet voldoende heeft bewezen, [kan] zijn werk in het algemeen bezwaarlijk aanspraak maken op den naam van exact natuurwetenschappelijk onderzoek.

Er is wel aangevoerd dat Van 't Hoff te jong en nog te kort hoogleraar was om als lid te worden toegelaten, maar dat is onjuist. Van der Waals en zijn leerling Korteweg werden gekozen toen ze nog helemaal geen hoogleraar waren en Van 't Hoffs latere opvolger Bakhuis Roozeboom was ‘slechts’ assistent op het Leids chemisch laboratorium. Nee, waar het werkelijk om draaide valt op te maken uit bovenstaand citaat van Franchimont. In de wetenschap van die dagen stonden deugden als degelijkheid, grondigheid en nauwgezetheid hoog in het vaandel.⁹⁶ In Nederland kwamen daar nog eens typisch calvinistische deugden als ijver en volharding bij: ‘Aan verbeeldingskracht, bevoegenheid of genialiteit werd niet of nauwelijks gerefereerd.’⁹⁷ Dat Gunning tot twee keer toe in zijn aanbeveling van Van 't Hoff sprak van diens genialiteit, hem in zijn verweerschrift tegen Franchimont zelfs kenschetste als iemand ‘met eene krachtig werkzame phantasie begaafd’, en dat Van 't Hoff zelf in zijn oratie van 1878 een pleidooi had gehouden voor het belang van verbeeldingskracht in de wetenschap, dat alles heeft zijn verkiezing in de periode 1879-1881 meer dan wat dan ook in de weg gestaan.

In Frankrijk had men heel wat meer bewondering voor de ontdekking van het asymmetrisch koolstofatoom door een landgenoot. In hetzelfde jaar dat Van 't Hoff door de Nederlandse Akademie als lid werd afgewezen, kende de Académie des Sciences aan Le Bel de Prix Jecker toe voor zijn onderzoekingen op het gebied van de chemie in de ruimte.⁹⁸ In Nederland moest Van 't Hoff gewoon nog even wachten. Hij ging voort op het pad dat hem pas ná het schrijven van de *Ansichten* zo duidelijk voor ogen was komen te staan. Dat zou hem uiteindelijk niet alleen toegang tot de Akademie verschaffen, maar voerde hem ook naar zijn misschien wel grootste wetenschappelijke ontdekkingen en een volgend boek dat wél baanbrekend en uiterst invloedrijk zou blijken te zijn, de *Études de dynamique chimique*.

Op zoek naar evenwicht

Ofschoon de schrijver [Van 't Hoff] reeds vroeger een buitengewone bekendheid genoot vanwege zijn vermogen om de natuur haar geheimen te ontlokken, staat zijn vroegere werkzaamheid in deze richting geheel en al in de schaduw van wat hij in bovengenoemde arbeid ten uitvoer brengt.

– Svante Arrhenius¹

Stilte voor de storm

Om in de wetenschappelijke wereld te kunnen slagen moet je gelezen en gehoord worden, moet je je onderzoek gepubliceerd krijgen, het liefst in toonaangevende tijdschriften, anders stopt de financiële ondersteuning of kom je niet langer in aanmerking voor permanente posities aan een universiteit: 'publish or perish', een uitdrukking die terug te voeren is tot de jaren veertig van de twintigste eeuw.² Een blik op Van 't Hoff's lijst met publicaties toont dat hij al heel goed doorhad wat er in dit opzicht van hem werd gevraagd. In de jaren 1876-1877 liet hij uitgebreid van zich horen. Op zoek naar een baan aan een universiteit en onzeker over zijn toekomst had hij zich voorgenomen om zich te tonen aan de wetenschappelijke wereld. Voor een deel deed hij dat met artikelen over onderzoek dat voortkwam uit zijn proefschrift en het *Voorstel*, maar met name die in het *Maandblad voor Natuurwetenschappen* betroffen vaak ook geheel nieuw onderzoek waar hij zich in Utrecht aan de Rijksveeartsenijschool mee bezighield. Zo probeerde hij in Nederland enige bekendheid te verwerven en te laten zien dat hij zich met allerlei aspecten van de scheikunde bezighield. En met succes. Hij wist de aandacht van Gunning op zich te vestigen, verwierf zich een aanstelling in Amsterdam en bestierde vanaf eind juni 1878 als hoogleraar naast Gunning de chemie aan de nieuwe gemeentelijke universiteit. Maar na zijn aanstelling trad een opvallende stilte in. In 1880 verscheen alleen nog het artikel over zijn kristallografische zomerexcursie in Straatsburg van 1878,³ maar een wetenschappelijk artikel van zijn hand zag pas weer het licht in 1885. Dat wil niet zeggen dat hij in die periode stilzat, integendeel, de jaren 1881-1884 betekenden een stilte voor de storm, want tussen alle bedrijven door werkte Van 't Hoff aan een nieuw boek.

Om allerlei redenen waren de eerste jaren in Amsterdam voor Van 't Hoff erg druk. Vanaf zijn komst naar Amsterdam waren zijn dagen opeens bijna geheel gevuld met het geven van onderwijs: colleges in de ochtend⁴ en practica in de middag, met name aan medicijnenstudenten. Daarnaast waren er de examens, die hem vooral de maanden mei en juni bijna volledig in beslag namen, en moest hij eigen onderzoek opzetten, studenten begeleiden en een laboratorium inrichten. Daartoe vertrok hij in de zomer van 1880 naar zijn ge-

liefde Duitsland, waar hij onder andere pompen, kleppen en andere laboratoriumbenodigdheden bestelde en een set kristallen en kristalmodellen aanschafte. Ook op het persoonlijke vlak had hij nauwelijks rust. In oktober 1879 had zijn vrouw een miskraam gehad, maar een jaar later werd dochter Jenny geboren,⁵ en was het tijd om naar een groter huis uit te kijken. Na eerst op verschillende adressen aan de Amstel te hebben gewoond,⁶ werd in mei 1881 een ruime woning met drie verdiepingen aan de Stadhouderskade 73 betrokken. Lang zouden ze daar niet blijven, want na de geboorte van Aleida en Han betrokken ze drie jaar later alweer een grotere woning even verderop aan de Stadhouderskade op nummer 103.⁷

Veel is er niet bekend uit deze tijd. Af en toe vangen we iets op over Van 't Hoff's dagelijkse beslommingen op het laboratorium en in de collegezaal als Jenny voor een paar weken met de kinderen in Rotterdam zit. Alleen de oudste dochter Jenny heeft veel later wat herinneringen aan haar eerste jaren op schrift gesteld. Over bijzondere figuren als de kruier, een man met een pokdalig gezicht, die kleine klusjes deed als de dienstboden geen tijd hadden, die ging vragen 'of het Mevr. zo en zo schikte als Mevr. v. 't Hoff om 2 uur (dat was toen de visite tijd) een kopje thee kon komen drinken'. Of de 'water- en vuurvrouw', die de kinderen beschouwden als een soort heks of tovenares: 'Wij hadden toen wel een doofpot, waarin 's avonds gloeiende kolen onder as bedolven, werden bewaard voor de volgende morgen.' Ook de bediende van het laboratorium, een oude man met lange grijze baard, 'die de oude kleren van Papa droeg', deed allerlei klusjes, poetste schoenen, sleep messen, deed boodschappen en bracht de kinderen op weg naar het laboratorium naar school:

Als [hij] geen tijd had, bracht Papa mij naar school. Eens had ik een paar geheel nieuwe overschoenen, prachtig mooi en glimmend zwart. Het was heel vies weer, de straat: vol modder, en daar de schoenen wat op de groei waren berekend, bleef er telkens één in de modder steken. Het maakte Papa, die haast had, zo ongeduldig, dat hij, toen de schoen wéér bleef steken, deze opraapte en met een reuze zwaai over de hele gracht heen in het water gooide. Toen de 2e schoen uit!! en óók in de gracht!! Wat Mama zei over dit gebeuren, weet ik niet meer. Maar mijn verbazing ook over wat een Vader mag en kan, kende geen grenzen.⁸

Van 't Hoff had het druk, zoveel is zeker. Een serie brieven die hij in de eerste maanden van 1881 aan zijn vrouw schreef, die op dat moment bij haar ouders in Rotterdam vertoefde, getuigt daar ook van:

De colleges [...] zijn weér geheel aan den gang. [...] Tusschen de buien door kon ik voor eigen zaak gelegenheid vinden, en een klein onderzoekje is heden en gisteren klaargekomen. [...] Mijn tweemaal onderbroken kathetometrische

waarneming is ook geschied en een nieuw apparaat ligt voor morgen 10-12 klaar; alles wordt verricht met 't gemengd of afgewisseld gevoel van een grooten veldtocht en 't rampzalig belachelijke van alle menselijke tobben.⁹

Het waren tropenjaren, wat ook blijkt uit een emotionele brief waarin zijn vrouw aan het eind van 1884 terugkijkt op het afgelopen jaar:

Wat mij altijd veel verdriet doet is te weten dat ge zoo zelden gelukkig zijt en ik zoo weinig tot je geluk kan bijdragen. Ik meen echter dat ge het dit jaar minder moeilijk had dan het vorige. Mocht het volgende nog beter voor je zijn! Ge ziet zeker met voldoening terug op het verschijnen van je 'Études dynamiques'.¹⁰

Daar zijn ze dan, de *Études de dynamique chimique*, het boek waarin hij al de resultaten van vier jaar hard werk en al zijn ideeën van dat moment op papier had gesteld. Het boek waarmee hij wilde laten zien dat waar de chemie zich tot dan toe bijna uitsluitend op kwalitatieve wijze met chemische reacties had beziggehouden, ook een kwantitatieve beschrijving van wat er zich tijdens chemische reacties afspeelt heel goed onderwerp van onderzoek kon zijn, ja, dat ook moest zijn.¹¹

Na publicatie van het laatste gedeelte van de *Ansichten* in 1881 was het Van 't Hoff duidelijk geworden dat als je het verloop van een chemische reactie in een model wilde beschrijven, je eerst meer te weten moest komen over de manier waarop deze zich voltrok. Bij toeval ontdekte hij een uitgelezen kandidaat om zijn eerste ideeën aan te kunnen toetsen: het uiteenvallen van een organisch zuur¹² verliep zo rustig dat hij het verloop van deze reactie makkelijk in de tijd kon volgen.¹³ Maar om tot een beter begrip van chemische reacties te komen, had hij natuurlijk veel meer metingen nodig, moest hij veel meer reacties in de tijd zien te volgen. Dat deed hij samen met twee promovendi, Leonhardt Schwab, die ook nog een jaar als assistent in Amsterdam zou blijven, en diens opvolger Lodewijk Reicher. Pas toen uit de veelheid aan metingen voor hem enige duidelijkheid begon te ontstaan, kon hij aan schrijven gaan denken. In september 1882 liet hij zijn vrouw Jenny, die weer eens op familiebezoek in Rotterdam verbleef, weten dat 'de werkzaamheden mij wel gemakkelijker [vallen] en wat 't onderzoek betreft goed vooruit [gaan], zoodat ik deze winter met je hulp in 't Fransch aan 't schrijven ga'.¹⁴ Dat ze inderdaad vorderingen maakten met het onderzoek, blijkt wel uit het feit dat Schwab binnen een halfjaar op 3 maart 1883 zou promoveren, en Reicher op 13 juli van datzelfde jaar.¹⁵ Toch zou het schrijven nog flink wat tijd in beslag nemen, want de *Études* verschenen uiteindelijk pas in 1884.¹⁶ Hoe zijn tijdgenoten erop reageerden zullen we nog zien, maar vertegenwoordigers van de huidige generatie wetenschapshistorici noemen het 'een van de rijkste boeken in de geschiede-

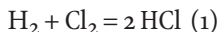
nis van de scheikunde,'¹⁷ en 'een boek dat meer dan een eeuw na verschijnen nog altijd het lezen waard is.'¹⁸

De keuze van de titel was niet toevallig. Daarmee verwees hij direct naar twee werken van Franse voorgangers, Claude Louis Berthollet, die in 1803 zijn *Essai de Statique Chimique* had gepubliceerd, waarin hij naast zijn wet van de massawerking er ook voor het eerst op gewezen had dat sommige chemische reacties niet volledig verlopen¹⁹ en de *Études sur les équilibres chimiques* van Georges Lemoine,²⁰ dat Van 't Hoff ook aanbeval aan zijn studenten. Ook Van 't Hoff's 'lievelingsfilosoof' Auguste Comte had in zijn *Cours de Philosophie Positive* hoog opgegeven van 'de grote Berthollet' en zijn 'onsterfelijke werk'.²¹ Al met al was het dus niet verwonderlijk dat hij net als in de *Ansichten*, ook in de *Études* in eerste instantie aansluiting zocht bij de Franse school. Maar waar de *Ansichten* nog in het Duits waren geschreven en bij een Duitse uitgever waren verschenen, vond hij nu een uitgever in Amsterdam en besloot hij om in het Frans te publiceren. Blijkbaar verwachtte hij eerder in Frankrijk dan in Duitsland een publiek aan te spreken dat open zou staan voor zijn ideeën.²² Zijn hoger doel was na het schrijven van de *Ansichten* overigens niet veranderd. Op aansporing van Comte wilde hij de scheikunde een rationele, analytische basis verschaffen, gebruikmakend van de wiskunde. 'Vooruitgang in de wetenschap doorloopt twee verschillende fasen,' zo begon hij:

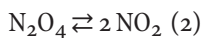
Aanvankelijk is ieder wetenschappelijk onderzoek beschrijvend van aard of systematisch, terwijl het later meer rationeel of filosofisch wordt. [...] Dit rationele onderzoek in de scheikunde kenmerkt zich de laatste tijd door een opvallende tendens om de structuurformule van een lichaam te relateren aan zijn eigenschappen.²³

Dat was immers waar hij zelf al een paar jaar naar op zoek was. Zijn eerdere pogingen in de *Ansichten* waren niet helemaal geslaagd, maar na drie jaren van overpeinzingen en tal van experimenten, was er langzaam meer helderheid gekomen in zijn ideeën over het verloop van chemische reacties. En dat moest de chemische wereld weten.

Al in de eerste pagina's schetst Van 't Hoff het hoofdonderwerp van zijn studie: 'la transformation chimique limitée', chemische omzettingen die niet volledig verlopen, wat voor veel reacties geldt. In navolging van de Oostenrijkse chemicus Leopold Pfaundler beschouwde hij dat soort reacties als het resultaat van twee tegengestelde omzettingen, een reactie van uitgangsstoffen naar producten, en eentje terug van producten naar uitgangsstoffen.²⁴ Dat is ook direct de reden dat hij voorstelt om evenwichtsreacties met een ander symbool weer te geven. Tot dan toe werd een chemische reactie echt als een reactievergelijking weergegeven, met een = teken tussen uitgangsstoffen en producten, zoals in de vorming van zoutzuur uit waterstof en chloor:



Van 't Hoff stelt voor om 'onvolledige' reacties, die leiden tot een 'chemisch evenwicht' weer te geven met een ander teken, $\rightleftharpoons$, twee tegengestelde pijlen boven elkaar die de richtingen van de twee betrokken reacties weergeven, bijvoorbeeld het uiteenvallen van een verbinding van stikstof en zuurstof:²⁵



Deze schrijfwijze is sindsdien de algemeen aanvaarde manier om chemische evenwichten weer te geven. In het licht van wat Van 't Hoff verderop in het boek nog allemaal te berde zal brengen ten aanzien van de regels waaraan dit soort chemische evenwichten voldoen, mag dit een willekeurige, ja zelfs triviale keuze lijken, maar dat is het zeker niet. De keuze voor een ander teken is namelijk illustratief voor een totaal andere interpretatie van wat een evenwicht is. Zoals in het vorig hoofdstuk beschreven hadden ook de Noren Guldberg en Waage een chemisch evenwicht al in mathematische termen beschreven, maar zij zagen het als een *statisch* verschijnsel, als een balans van krachten. Van 't Hoff daarentegen definieerde een evenwicht heel duidelijk in *dynamische* termen: een chemisch evenwicht ontstaat wanneer de snelheden van de heen- en teruggaande reacties aan elkaar gelijk zijn.²⁶

Thermochemie vs. thermodynamica

Al in de achttiende eeuw was vastgesteld dat bij veel chemische reacties warmte-ontwikkeling optreedt. Het duurde alleen tot het midden van de negentiende eeuw alvorens dit verschijnsel meer systematisch zou worden bestudeerd.²⁷ De onderliggende vraag was waarom bepaalde stoffen met elkaar reageren en andere niet. In meer technische bewoordingen vormde dit het probleem van de *chemische affiniteit*, de zoektocht naar de aard van de drijvende kracht die ervoor zorgt dat stoffen specifieke verbindingen met elkaar aangaan.²⁸ Als gezegd waren het aanvankelijk de ideeën van Franse chemici die opgeld deden. Zo had Berthollet in zijn eerdergenoemde *Essai de Statique Chimique* betoogd dat de samenstelling van het mengsel van producten na afloop van een chemische reactie afhankelijk was van de krachten die tijdens de reactie tussen moleculen een rol speelden. Aangezien voor Berthollet de zwaartekracht hierbij het belangrijkste was, was volgens hem de massa van elk van de reactanten bepalend voor het verloop van een reactie.²⁹ In hoeverre dit inderdaad het geval was, zou zeker tot aan 1880 worden bediscussieerd, en bekend komen te staan als het Berthollet-probleem.

De Deense chemicus Julius Thomsen dacht daar een oplossing voor te hebben: 'De affiniteit tussen twee lichamen komt tot uitdrukking in het vermogen zich met elkaar te verbinden; vindt die vereniging plaats, dan ontwik-

kelt zich een hoeveelheid warmte die een maat is voor die affiniteit.³⁰ Om een beeld te krijgen van de krachten die een rol spelen bij chemische reacties en daarmee de chemische affiniteit bepalen, moest je derhalve kijken naar de warmte die bij chemische reacties vrijkomt. Dat idee was als eerste gesuggereerd door de Zwitser Germain Henri Hess, maar daarna als een onderzoeksprogramma opgepakt en uitgewerkt door Thomsen³¹ en vooral door zijn Franse collega Marcellin Berthelot.³² Zij formuleerden het naar hen genoemde principe dat alle chemische reacties *exotherm* zijn (dat er dus warmte bij vrijkomt).³³ En mochten er verschillende reacties mogelijk zijn, dan treedt uitsluitend die reactie op waarbij de meeste warmte wordt gegenereerd. Affiniteit werd gezien als een soort intrinsieke aantrekking, die bij een reactie als het ware werd omgezet in warmte. Volgens Thomsen werden op deze manier zwakke affiniteiten uitgewisseld tegen sterkere. Dit Thomsen-Berthelot-principe of ook wel principe van maximale arbeid (*travail maximum*) werd richtinggevend bij allerlei thermochemische onderzoeken in de tweede helft van de negentiende eeuw.³⁴ Er verschenen thermochemische handboeken, maar de onderliggende theorie was verre van onomstreden.

Het was immers al lang bekend dat er ook chemische reacties waren die energie *kosten*.³⁵ Maar volgens Thomsen waren dat soort *endotherme* reacties niet zuiver chemisch, en waren er fysische veranderingen in het spel zoals de diffusie van moleculen, waardoor de warmte die wel degelijk bij elke reactie zou vrijkomen, werd geabsorbeerd. Ook Guldberg en Waage hadden er al op gewezen dat het Thomsen-Berthelot-principe nooit in zijn algemeenheid waar kon zijn. Op basis van hun beschrijving van een chemisch evenwicht, als een krachtenspel tussen tegengestelde reacties, was er weliswaar altijd sprake van een reactie waarbij warmte vrijkwam, maar betekende dat automatisch dat voor de tegengestelde reactie warmte of energie *nodig* was. Evenmin als Thomsen stond Berthelot open voor dit soort kritiek; hij beweerde dat reversibele reacties een atypisch chemisch proces vormden, waarvoor het principe van maximale arbeid simpelweg niet opging. Toen Van 't Hoff in het begin van de jaren tachtig in Amsterdam zijn ideeën aan het vormen was, lag de thermochemie dan ook behoorlijk onder vuur.³⁶

Thermochemici beriepen zich bij hun analyses uitsluitend op de wet van behoud van energie, ook wel de Eerste Hoofdwet van de thermodynamica genoemd. Langzaam bleek dat dit een te beperkt uitgangspunt was, al zou het lang onduidelijk blijven hoe het wel zat.³⁷ Nu was in de vroege jaren vijftig ook een Tweede Hoofdwet geformuleerd. Deze legde een beperking op aan de hoeveelheid nuttige arbeid die een systeem kan verrichten. Pioniers als Rudolf Clausius en William Thomson (de latere Lord Kelvin) ontwikkelden de *thermodynamica* of mechanische warmtetheorie om beter inzicht te krijgen in allerlei processen waarin energieomzettingen, warmte en arbeid een rol speelden, zoals de werking van een stoommachine. Het zou echter nog even

duren alvorens deze concepten hun intrede zouden doen in de scheikunde. Pas met het werk van J. Willard Gibbs, die in isolatie in de Verenigde Staten zijn theorieën had geformuleerd, en Hermann von Helmholtz werd tussen 1873 en 1883 de basis gelegd voor de *chemische thermodynamica*.³⁸

Sommige chemici waren al wel met de nieuwe ideeën uit de natuurkunde aan de haal gegaan en hadden geprobeerd deze toe te passen binnen de scheikunde. Waar Maxwell bijvoorbeeld had beargumenteerd dat de moleculen in een gas zich niet allemaal met dezelfde snelheid bewegen, vermoedde Leopold Pfaundler dat dat consequenties kon hebben voor chemische reacties. Naarmate de snelheid van een molecuul, en daarmee zijn energie groter was, nam de kans toe dat het een chemische reactie aanging. Pfaundler paste dit gegeven toe op de dissociatie van gassen bij hoge temperatuur.³⁹ Hij probeerde zo een vinger te krijgen achter een probleem dat chemici al jaren parten speelde. Om het molecuulgewicht van een nieuwe verbinding te bepalen, maakten zij gebruik van de wet van Avogadro: gelijke volumes van verschillende gassen bevatten bij dezelfde temperatuur en druk ook dezelfde hoeveelheid moleculen. Zo kon door de dichtheid van een gas te bepalen en te vergelijken met de dichtheid van een bekende gasvormige verbinding het molecuulgewicht van de onbekende verbinding worden bepaald.⁴⁰ Na 1830 werd dit in de organische chemie een steeds belangrijker hulpmiddel om achter het molecuulgewicht en daarmee de molecuulformule van een nieuwgevormde stof te komen. Nu zijn sommige verbindingen instabiel en vallen in de gasfase uiteen. De dichtheid die in dat geval gemeten wordt, is dan niet meer kenmerkend voor het oorspronkelijke molecuul. Maar volgens Pfaundler kon een eenmaal uiteengevallen molecuul ook weer opnieuw gevormd worden. Sterker nog, naarmate het aantal NO_2 -moleculen in reactie (2) hierboven groeit, neemt de kans toe dat ze met elkaar botsen en weer één geheel gaan vormen. Zo ontstaat een evenwichtssituatie waarbij er per seconde evenveel moleculen dissociëren als er weer worden gevormd. Dit evenwicht wordt bepaald door de temperatuur van het gas, die een directe maat is voor de snelheden van de moleculen.⁴¹

Pfaundler was de eerste die evenwichten op deze manier beschouwde, maar degene die hierop voortborduurde en daarmee de belangrijkste inspiratiebron voor Van 't Hoff zou worden, was de eerdergenoemde August Horstmann, een van de vergeten pioniers van de scheikunde.⁴² Net als Pfaundler zag Horstmann in dat dissociatie van moleculen ten grondslag lag aan de waargenomen afwijkingen van de wet van Avogadro. Hij ging echter verder dan Pfaundler en onderzocht een aantal vaste verbindingen die bij hoge temperatuur deels uiteenvallen.⁴³ Vervolgens wist hij de daarbij ontstane dampspanning te relateren aan de dissociatiewarmte van de betreffende verbinding. Dat bracht hem op het idee dat de drijvende kracht achter de dissociatie niet gelegen was in



De Duitse scheikundige August Horstmann (1842-1929), wiens ideeën over het verloop van chemische reacties van groot belang waren voor het werk van Van 't Hoff.

de hoeveelheid warmte die bij de reactie vrijkwam – wat Berthelot en Thomsen beweerden – maar in het toenemen van de totale *entropie*, een maat voor de wanorde. Als bij een bepaalde temperatuur eenmaal een evenwicht was bereikt, was de entropie maximaal.⁴⁴ Zo paste hij als eerste de Tweede Hoofdwet toe binnen de scheikunde, en om die reden is Van 't Hoff aan hem meer dan aan wie dan ook schatplichtig. Volgens Cohen 'hoef je de inleiding van de *Études* maar op te slaan om te zien welke invloed het fundamentele werk van Horstmann op de schrijver ervan gehad heeft'.⁴⁵ En dat is geen overdrijving. Later zou Van 't Hoff hem eren door Horstmanns belangrijkste artikelen te redigeren in een uitgave van *Ostwald's Klassiker*.⁴⁶

Van 't Hoff's innovaties

Terug naar de *Études*. Voordat Van 't Hoff zijn eigen theorie over het chemisch evenwicht op papier kon zetten, moest hij eerst de snelheid van een chemische reactie zien te beschrijven.⁴⁷ Daartoe introduceerde hij een manier om verschillende soorten reacties van elkaar te onderscheiden, aan de hand van een term die tegenwoordig de *orde* van een reactie wordt genoemd. Zo is een reactie *monomoleculair* (van de *eerste orde*) als de snelheid ervan (hieronder aangegeven met v_1) evenredig is met de concentratie van één enkele reactant. Dat is bijvoorbeeld het geval wanneer een enkel molecuul uiteenvalt in twee stukken (zoals bij reactie (2) hierboven):

$$v_1 = k_1 [N_2O_4]$$

De vierkante haken rond de molecuulformule geven de concentratie van dat molecuul aan, en de verhouding tussen snelheid en concentratie is de *reactie-*

constante, hier k_1 .⁴⁸ Analoog hangt de snelheid van bimoleculaire (*tweede orde*) reacties af van de concentraties van *twee* reactanten, zoals bij de teruggaan-
de reactie van voorbeeld (2):

$$v_2 = k_2 [\text{NO}_2]^2$$

Aan de hand van deze definities leidde Van 't Hoff vervolgens wiskundige vergelijkingen af voor de snelheid van elk type reactie. Daarmee kon hij het verloop van reacties die hij in zijn eigen laboratorium⁴⁹ had bestudeerd beschrijven. Die experimentele bevestiging had hier en daar wel wat voeten in de aarde. Vaak bleek het noodzakelijk om eerst allerlei effecten te identificeren die de meetresultaten beïnvloedden, en die te elimineren of ervoor te corrigeren. Zo maakte hij aannemelijk dat sommige reacties zich afspelen aan het oppervlak van het reactievat door de reactie uit te voeren in verschillend gevormde vaten, met verschillende verhoudingen tussen inhoud en oppervlak.⁵⁰ Om de juiste meetresultaten te krijgen en de invloed van het oppervlak uit te schakelen, voerde hij vervolgens samen met Schwab de reactie uit in glaswerk dat aan de binnenkant was ingesmeerd met vaseline, zodat de reactie aan het glasoppervlak onmogelijk werd gemaakt.⁵¹ Het zijn dit soort trucs die hem als een slimme experimentator kenschetsen.

Nadat hij zo het begrip reactiesnelheid mathematisch had beschreven, werd het mogelijk om ook een chemisch evenwicht te beschrijven. Daarbij zijn immers twee reacties in het spel, die precies even snel verlopen ($v_1 = v_2$) waardoor er netto niets verandert:

$$k_1 [\text{N}_2\text{O}_4] = k_2 [\text{NO}_2]^2$$

De evenwichtsconstante, K , die het evenwicht beschrijft, is gelijk aan de verhouding van de reactieconstanten van de betrokken reacties:

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

Een van de manieren om de snelheid van een reactie te beïnvloeden is het veranderen van de temperatuur. Van 't Hoff liet dat zien aan de hand van metingen van het verloop van een drietal reacties bij verschillende temperaturen. Ogenscheinlijk uit het niets toverde hij daarvoor een formule uit zijn mouw 'volgens de principes van de thermodynamica'⁵² die het verband aangeeft tussen de evenwichtsconstante K en de (absolute) temperatuur:

$$\frac{d \log(K)}{dT} = \frac{q}{2T^2} \quad ^{53}$$

waarbij q de hoeveelheid warmte is die bij de teruggaande reactie vrijkomt bij constant volume.⁵⁴ Cohen schreef al dat 'de betreffende bladzijden in de *Études* op de lezer een wel hoogst mysterieuze indruk moeten maken'⁵⁵ en dat het

gebruik van deze formule in de *Études* zonder enige afleiding 'het succes van het boek ongetwijfeld heeft geschaad'.⁵⁶ Het is zeer waarschijnlijk dat hij deze cruciale vergelijking heeft ontleend aan Horstmann, die in zijn studie van de dissociatie in gassen een uitdrukking afleidde voor de drukverandering in een gas als gevolg van de dissociatie van een deel van de moleculen.⁵⁷ Van 't Hoff paste deze vergelijking aan voor het meer algemene geval van een chemische reactie bij evenwicht.⁵⁸

Op dit punt van zijn betoog aangekomen, beschrijft hij in de volgende twintig pagina's van de *Études* een aantal voorbeeldreacties, deels het resultaat van onderzoekingen uit eigen laboratorium, deels afkomstig uit de literatuur. Van 't Hoff liet daarmee zien dat hij heel goed op de hoogte was van wat er in andere laboratoria gebeurde. Hij toetste zijn evenwichtsformule aan experimentele uitkomsten en vond bijna altijd een 'zeer bevredigende overeenstemming'.⁵⁹ Veel belangrijker was dat hij wees op de analogie tussen chemische en fysische evenwichten, zoals bijvoorbeeld het bevriezen van water. Daarbij vindt weliswaar geen chemische omzetting plaats, maar treedt een *faseverandering* op, die wordt gekenmerkt door een *overgangstemperatuur*, in dit voorbeeld het vriespunt. Daar vindt een sprongsgewijze overgang plaats (van water naar ijs) zonder dat de temperatuur verandert. Bij 0 graden Celsius kunnen water en ijs naast elkaar bestaan, boven nul is er alleen water, daaronder alleen ijs. Iets soortgelijks treedt op bij een overgang tussen twee verschillende vormen waarin een vaste stof kan bestaan. Van 't Hoff gaf daarvan een aantal voorbeelden en stelde vast dat de waargenomen veranderingen verrassend veel op elkaar lijken. Probleem was alleen dat niemand daar tot dan toe nauwkeurige metingen aan had gedaan.⁶⁰

Die taak viel te beurt aan Van 't Hoff's jonge assistent Reicher. Hij nam een overgang tussen twee kristalvormen van zwavel bij de kop. Bij die overgang verandert het volume, en dat was te meten.⁶¹ Eenvoudig waren deze metingen niet, want er bleken tal van versturende invloeden te zijn. Zo waren de metingen afhankelijk van de grootte van de zwavelkristalletjes of van de aanwezigheid van restanten oplosmiddel. Verder maakte het uit of de kristalletjes tegen elkaar aanlagen en was het ook zaak niet te stoten tegen het buisje waarin gemeten werd.⁶² Het werk stelde derhalve Reichers geduld en vertrouwen danig op de proef, maar hij gaf niet op.⁶³ Zijn metingen leverden uiteindelijk een waarde op van 95,6°C voor de overgangstemperatuur van dit proces, waar Van 't Hoff aan de hand van zijn theorie 96,3°C had berekend. Van 't Hoff was zó verguld met dit resultaat dat hij in de *Études* optekende dat dit voor hem 'het begin was van een vriendschap die hopelijk nog lang zal duren'.⁶⁴ Meer dan twintig jaar later zou overigens duidelijk worden dat dit zwavelevenwicht veel gecompliceerder was dan Van 't Hoff en Reicher hadden kunnen vermoeden, en dat zij zich bovendien hadden gebaseerd op literatuurgegevens die onjuist waren.⁶⁵ De overeenkomst die Van 't Hoff zo veel genoegen had

verschafte was achteraf gezien dan ook toe te schrijven aan een gelukkige samenloop van omstandigheden.



Leonhardt Schwab (1855-?) en Lodewijk Reicher (1857-1943), de eerste twee promovendi en ook assistenten van Van 't Hoff, die met hun onderzoek belangrijke bijdragen leverden aan de Études.

Op basis van al zijn beschouwingen en overwegingen ten aanzien van het evenwicht formuleerde Van 't Hoff nu zijn principe van het bewegelijk evenwicht: 'Elk evenwicht tussen twee verschillende materietoestanden verschuift bij verlaging van de temperatuur naar de kant waar warmte vrijkomt.' De grote kracht van dit principe schuilt in het feit dat het de mogelijkheid opent om aan evenwichten te rekenen en de resultaten van die berekeningen te toetsen aan experimenten. Van 't Hoff had dit natuurlijk zelf ook ingezien en merkte daarom fijntjes op dat het 'wellicht van betekenis kan zijn voor de wetenschap'.⁶⁶ Het betekende tevens de doodsteek voor het Thomsen-Berthelot-principe.⁶⁷ Van 't Hoff wist namelijk aan de hand van zijn evenwichtsformule aan te tonen dat dat principe uitsluitend geldt bij het absolute nulpunt.⁶⁸ Alleen dan kan men strikt genomen spreken van het principe van maximale arbeid. En hij voegde daaraan toe:

Omdat de temperatuur op aarde [...] relatief laag is, slechts zo'n 273 graden boven het absolute nulpunt, is het te verwachten dat onder normale omstandigheden de grote meerderheid van alle chemische evenwichten verschoven is naar de kant waarbij warmte vrijkomt.⁶⁹

Van 't Hoff zou Berthelot en zijn principe nooit helemaal afvallen. In de *Études* noemde hij speciaal 'de grote waarde ervan voor het voorspellen van tal van verschijnselen'⁷⁰ en in een serie lezingen gehouden aan de University of Chicago

in 1901 beweerde hij dat de term *travail maximum* goed gekozen was omdat deze het al of niet plaatsvinden van een chemische reactie verbond met de maximale hoeveelheid arbeid die een reactie kan leveren. Maar arbeid en warmteontwikkeling bij een chemische reactie waren niet hetzelfde.⁷¹ Dat onderscheid tussen de bij een chemische reactie geproduceerde warmte en de 'vrije energie' die in arbeid kon worden omgezet, was weliswaar al eerder door Von Helmholtz geïntroduceerd, maar Van 't Hoff was een van de eersten die dat op geheel eigen en unieke wijze binnen de scheikunde introduceerde en toepaste.⁷² Zijn aanpak van de thermodynamica mag dan minder streng en nauwgezet zijn geweest dan die van Von Helmholtz, maar misschien wel juist daardoor was ze veel makkelijker toepasbaar en daardoor invloedrijker.

Zijn hele leven was Van 't Hoff overtuigd geweest van het nut en het belang van het toepassen van fysische wetten in de scheikunde. Zoals zijn leerling en latere assistent Charles van Deventer schreef:

Wie bekend is met het Amsterdamsche Laboratorium, weet dat het daar niet 'mit rechten Dingen' toegaat. Er zweeft daar iets mystisch, iets daemonisch in de lucht. En dat daemonische is het geloof van prof. Van 't Hoff, – men zou het haast bijgeloof noemen, indien de uitkomst hem niet zoo vaak gelijk gaf – het geloof, dat zijn grondgedachte, de analogie tusschen chemische en physische verschijnselen, juist is.⁷³

De meeste andere scheikundigen waren met heel andere onderwerpen bezig. Zij waren meer dan tevreden met de thermochemie, die hen ondanks duidelijke tekortkomingen, in elk geval een instrument in handen gaf om scheikundige verschijnselen te verklaren op basis van de klassieke warmtetheorie en zo in principe de mogelijkheid bood het verloop van chemische reacties te reduceren tot een probleem van de newtoniaanse mechanica. Daarbij kwam nog dat volgens een aantal vooraanstaande fysici, onder wie Max Planck, de Tweede Hoofdwet in tegenspraak was met de atoomhypothese. Entropie was daardoor in de ogen van veel scheikundigen – voor wie het bestaan van atomen en moleculen de basis vormde van hun wetenschappelijk denken – een verdacht concept.⁷⁴ Maar de belangrijkste reden voor de trage introductie van de thermodynamica binnen de scheikunde was misschien wel dat deze ingewikkeld werd gevonden en veel mathematisch inzicht vereiste. De chemici die al wél in een vroeg stadium de thermodynamica probeerden te doorgronden en toe te passen hadden dan ook allemaal een sterk wiskundige achtergrond: Wilhelm Ostwald, Walther Nernst en natuurlijk Van 't Hoff zelf, die zich voor zijn kandidaatsexamen aan de Universiteit van Leiden naast de proefondervindelijke natuurkunde en sterrenkunde had bekwaamd in de wiskunde.⁷⁵

De affiniteit

Zo zijn we aangekomen bij het laatste hoofdstuk van de *Études*, dat gewijd is aan de *affiniteit*, de ‘chemische kracht’ die sommige stoffen ertoe brengt reacties met elkaar aan te gaan en andere juist niet. Thermochemici meenden deze te kunnen bepalen uit de warmte die bij een reactie vrijkomt, maar dat was onjuist gebleken, zoals Van ’t Hoff en anderen hadden laten zien. Om door te dringen tot het wezen van de affiniteit begon Van ’t Hoff als goed chemicus opnieuw vanuit het experiment.⁷⁶ Hij beschouwde metingen uit 1844, van de Duitser Eilhard Mitscherlich. Die had kristallen van het *glauverzout* (natriumsulfaat) in het vacuüm van een barometer geplaatst en gezien dat daardoor het vacuüm deels werd opgeheven. Dat komt omdat zich in glauverzout watermoleculen bevinden, het zogeheten kristalwater, dat in het vacuüm van een barometer voor een deel uit het kristal verdampste. Daardoor steeg de druk boven de kwikkolom in de barometer met een paar millimeter, waardoor het kwik in de kolom daalde. Toen Mitscherlich bij dezelfde temperatuur vloeibaar water in het vacuüm bracht, daalde het kwik door gedeeltelijke verdamping van dat water bijna twee keer zoveel.⁷⁷ Mitscherlich concludeerde daaruit dat het water in de kristallen werd vastgehouden met een ‘chemische kracht’ ter grootte van het gemeten drukverschil tussen de twee experimenten, zo’n 0,005 atmosfeer. Volgens Van ’t Hoff kon dat niet juist zijn omdat volgens hem de chemische kracht veel sterker zou moeten zijn.

Het idee om de chemische affiniteit te bepalen met behulp van een zout en de aantrekking die dat uitoefent op water vond hij veelbelovend. Maar zou dat niet op een andere manier kunnen, bijvoorbeeld in een oplossing:

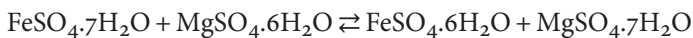
Toen ik met die vraag op de lippen uit het laboratorium kwam, ontmoette ik mijn collega De Vries en zijn vrouw; hij was net in die tijd bezig met osmose-experimenten en vertelde me over de metingen van Pfeffer.⁷⁸

De botanicus Hugo de Vries was samen met Van ’t Hoff in oktober 1877 tot lector aan de Universiteit van Amsterdam benoemd, waarna beiden in juni 1878 tot hoogleraar waren bevorderd, al was dat voor De Vries ‘slechts’ een buitengewoon hoogleraarschap geweest. Hij had in de jaren voor zijn komst naar Amsterdam onderzoek gedaan naar de inwendige druk (*turgor*) in plantencellen. In zijn *Habilitationsschrift*⁷⁹ had hij bijvoorbeeld geprobeerd voor enige planten de absolute druk te meten die de celinhoud uitoefent op de celwand.⁸⁰ De door hem gevonden waarden kwamen goed overeen met metingen die Wilhelm Pfeffer enkele jaren eerder had gedaan aan de osmotische druk van zout- en suikeroplossingen. Vandaar dat De Vries vermoedde dat osmose bij het in stand houden van de turgor een rol speelde. Hij suggereerde Van ’t Hoff om eens te kijken in Pfeffers een paar jaar daarvoor versche-

nen boek *Osmotische Untersuchungen*.⁸¹ Dat bleek achteraf een gouden tip, want het gaf Van 't Hoff de inspiratie om verder te gaan.

Bestudering van Pfeffers boek bracht Van 't Hoff op het idee dat er ook bij osmose sprake was van een kracht die een opgeloste stof uitoefent op het omringende water. Net zoals zoutkristallen water aantrekken uit een vochtige omgeving of juist afgeven in een vacuüm, trekt een zout dat is opgelost in water watermoleculen aan. En Pfeffer had een manier gevonden om die aantrekkende kracht zichtbaar te maken en de grootte ervan te meten. Hij plaatste een zoutoplossing in een cel waarvan de wanden halfdoorlaatbaar waren: watermoleculen konden er vrijelijk doorheen bewegen, maar de opgeloste stof niet. Wanneer de cel aan de bovenkant werd afgesloten en in een bak met zuiver water werd geplaatst, nam de druk aan de binnenkant toe doordat watermoleculen zich van buiten de cel naar binnen bewogen, als het ware aangetrokken door de erin opgeloste zouten. Naarmate deze hydrostatische 'tegendruk' toenam, werd op een zeker moment het verder binnendringen van watermoleculen tegengegaan; er stelde zich een evenwichtstoestand in. De druk die op dat moment heerste kon eenvoudig met een manometer worden afgelezen. Pfeffer vond voor een 1 procentsuikeroplossing bij verschillende temperaturen drukken van zo'n 0,7 atmosfeer, veel hoger dus dan Mitscherlich had gemeten, en volgens Van 't Hoff veel meer in overeenstemming met de waarden die hij verwachtte voor de affiniteit.

De experimenten van Pfeffer en Mitscherlich lijken op het eerste gezicht niets met elkaar te maken te hebben. Het geniale en o zo simpele inzicht van Van 't Hoff was dat in beide experimenten feitelijk *hetzelfde* werd gemeten, alleen had Pfeffer de aantrekkende kracht gemeten van een zout op *vloeibaar* water, waarin watermoleculen dicht op elkaar in hoge 'concentratie' aanwezig zijn, terwijl Mitscherlich had gemeten aan de aantrekkende kracht tussen een zout en *waterdamp*, waarin de afstand tussen de watermoleculen groot is en er per liter veel minder moleculen aanwezig zijn dan in een vloeistof. Dat was volgens hem de reden dat Mitscherlichs waarden zoveel lager waren dan die van Pfeffer. Op basis van dit inzicht wist Van 't Hoff voor beide experimenten de grootte van de kracht tussen het zout en de watermoleculen te berekenen. Maar daarmee was hij er nog niet. Want bij een chemische reactie is niet zozeer de kracht van belang, als wel de arbeid die door die kracht wordt verricht. Daarom nam hij een simpel evenwicht als voorbeeld:



Dit evenwicht is een soort 'chemisch touwtrekken'. Zowel ijzersulfaat als magnesiumsulfaat hebben elk tenminste zes moleculen kristalwater aan zich gebonden en afhankelijk van welk zout het hardste trekt, krijgt een van beide er eentje bij of staat er juist eentje af. Zo ontstaat er een evenwicht waarbij als

het ware een van de watermoleculen van het ijzersulfaat naar het magnesiumsulfaat gaat, en weer terug.⁸²

Net als de omzetting van de ene kristalvorm in de andere in het geval van zwavel, die we eerder tegenkwamen in de metingen van Reicher, zag Van 't Hoff in dat ook dit evenwicht gekenmerkt moest worden door een *overgangspunt*. Maar waar dat in het geval van zwavel een fysisch overgangspunt was – de zwavel wordt immers niet omgezet, maar krijgt alleen een andere kristalstructuur – is er in dit geval sprake van een *chemisch* overgangspunt: een molecuul verandert van samenstelling. En net als bij een fysische overgang zoals die van water naar ijs bij 0 graden beide vormen naast elkaar kunnen bestaan, is dat ook het geval bij deze chemische overgang. Bij de overgangstemperatuur maakt het niet uit of dat ene watermolecuul bij het ijzersulfaat hoort of bij het magnesiumsulfaat. Met andere woorden: *de 'chemische krachten' die zorgen voor de reactie naar links of naar rechts zijn bij de overgangstemperatuur precies even groot*. Is de temperatuur hoger, dan ligt het evenwicht aan de rechterkant, is de temperatuur lager dan ligt het evenwicht aan de linkerkant. Door een chemische reactie op deze manier te beschrijven, traden opeens allerlei parallellen tussen natuurkundige en chemische processen aan het licht en kon Van 't Hoff de binnen de natuurkunde ontdekte inzichten over thermodynamica toepassen op de scheikunde. Zo leidde hij een formule af voor het verband tussen de affiniteit en de bij een reactie vrijkomende hoeveelheid warmte,⁸³ waarin besloten lag dat alleen bij het absolute nulpunt de affiniteit gelijk is aan de reactiewarmte.

De maximale arbeid die bij een chemische reactie wordt verricht, hoeft niet per se in de vorm van warmte naar buiten te komen. Als laatste onderwerp van de *Études* beschouwde hij daartoe elektrochemische reacties, waarbij als gevolg van een chemische reactie elektronen worden uitgewisseld en er een elektrische stroom wordt opgewekt, zoals in een batterij.⁸⁴ Hij leidde een formule af voor de elektrische arbeid die daarbij wordt verricht, eentje die Von Helmholtz overigens ook al had gevonden, zij het op een andere manier.⁸⁵ Op basis van die formule zou het mogelijk moeten zijn om aan de hand van metingen aan een elektrochemische cel de affiniteit van de betrokken reacties te bepalen. Helaas liet hij die theoretische beschouwing weliswaar volgen door een tweetal voorbeelden en enige berekeningen, maar toetste deze niet aan experimentele resultaten, waardoor dit opnieuw fundamentele inzicht een beetje in de lucht bleef hangen.⁸⁶ De *Études* eindigen op dat punt ook zeer abrupt. Er is geen afsluitende samenvatting of overzicht, er zijn geen suggesties voor nadere experimenten. Het lijkt erop of Van 't Hoff gewoon gestopt is met schrijven, misschien wel vanwege een met de uitgever afgesproken inleverdatum van het manuscript, al is daar geen correspondentie over bekend. Toch moet hij ook toen al met allerlei ideeën voor experimenten hebben rondgelopen, want in een artikel dat precies een jaar

later zou verschijnen, ging hij veel verder in op de elektrochemische cel.⁸⁷ Daarover meer in het volgende hoofdstuk.

Reacties op de Études

Hoe invloedrijk de *Études* op den duur ook zouden blijken te zijn, de aanvankelijke reactie op het verschijnen ervan was een oorverdovende stilte. Helemaal verrassend was dat niet omdat het boek waarschijnlijk te moeilijk was voor de scheikundigen van die dagen: zij misten niet alleen een gedegen mathematische achtergrond, maar waren ook nauwelijks gewend te denken in theoretische concepten. Chemie was eerst en vooral een praktische wetenschap. En hoewel Van 't Hoff's wiskundige afleidingen op zich rechttoe rechtaan waren, liet hij nogal eens wat stappen achterwege. Ook de Schotse chemicus James Walker snapte lang niet alles, maar was desondanks diep onder de indruk, zo zei hij later:

Ik herinner me dat ik de *Études* in 1885 of 1886 las, en ik kan me heel goed de gemengde gevoelens herinneren van openbaring en verwarring die het boek in mij losmaakte. [...] Hier, dacht ik, gebeurde het dan eindelijk, moeilijk te begrijpen, zeker, maar niet mis te verstaan. Wat ik ervan begreep was geweldig, wat me niet helemaal lukte om te begrijpen leek op een of andere manier zelfs nog beter.⁸⁸

Nederlandse studenten dachten hier blijkbaar heel anders over. In een toespraak ter ere van de onthulling van het standbeeld van Van 't Hoff in Rotterdam in 1915, zei de Leidse hoogleraar Holleman hierover:

Toen Van 't Hoff's *Études de chimie dynamique* in 1884 waren verschenen, zagen wij, studenten, die geen leerlingen van hem waren, niet weinig tegen dit boek op. Wij stelden de studie ervan uit tot na den vakantie, in de hoop er dan in te zullen slagen het te kunnen doorwerken. Maar hoe viel die studie mede! Hier vonden wij geen zwaarwichtige, omslachtige mathematische deducties, afkomstig uit den beruchten 'fysischen inkt-pot'. Geen duistere redeneeringen; alles even helder en dat nog wel in een taal die niet de zijne was. De studie kostte ons evenveel dagen, als wij ons hadden voorgesteld dat zij weken zoude vereischen. Wij hoorden geheel nieuwe klanken; de studie van dit boek was een zuiver genot; wij gevoelden, dat hier een buitengewoon man aan het woord was.⁸⁹

In Nederland werd het boek besproken in het *Recueil* door Van 't Hoff's vroegere leraar aan de Polytechnische School, Oudemans. En wat voor bespreking: 'De uitgebreidheid van dit belangrijke werk maakt het me onmogelijk om er een samenvatting van te geven, vandaar dat we ons zullen beperken tot

het aangeven van de aard van de behandelde onderwerpen en de volgorde waarin deze worden behandeld.⁹⁰ Waarna in drie pagina's de inhoudsopgave wordt overgeschreven.

Toch waren er wel degelijk meer serieuze reacties van collega-scheikundigen. Friedrich Urech, een Duitse scheikundige aan de Universiteit van Tübingen publiceerde in augustus 1884 een artikel over de reactiesnelheid van een omzetting van saccharose. Hij probeerde op allerlei manieren de meetresultaten te verklaren, maar slaagde daar maar in zeer beperkte mate in. Helemaal aan het slot van zijn artikel verwees hij echter naar het net uitgekomen boek van Van 't Hoff, waarvan hij verwachtte dat 'het vele nieuwe gezichtspunten zal openen voor het onderzoek op het gebied van de reactiesnelheden'.⁹¹ Twee maanden later presenteerde Henri Le Châtelier in de zitting van de Franse Académie des Sciences van 10 november 1884 een uitbreiding van Van 't Hoff's principe van het bewegelijk evenwicht.⁹² Hij betoogde dat elk chemisch evenwicht zal reageren op een verstoring als een drukverhoging of verandering van concentratie door de oorzaak van die verstoring tegen te gaan. Dit principe, dat hij later verder uitwerkte, staat tegenwoordig onder zijn naam bekend.⁹³ Ook Wilhelm Ostwald besteedde aandacht aan de *Études*, maar voordat we daaraan toekomen is het goed eerst in het kort de levensloop van Van 't Hoff's latere bondgenoot en vriend te schetsen.

Wilhelm Ostwald werd op 2 september 1853 als zoon van een kuiper geboren in Riga, de hoofdstad van het toenmalige Gouvernement Riga (tegenwoordig de hoofdstad van Letland). Terwijl Riga in die tijd tot het Russische rijk behoorde, domineerde de Duitstalige burgerlijke cultuur zeker tot aan het einde van de negentiende eeuw. Na het Realgymnasium was hij in 1872 begonnen met een studie scheikunde aan de Landesuniversität van Dorpat, dat tegenwoordig Tartu heet en de tweede stad is van Estland, waar hij in 1878 promoveerde. Na assistentschappen bij de hoogleraar natuurkunde Arthur von Öttingen en de hoogleraar scheikunde Carl Schmidt, en een baan als leraar scheikunde aan een Realschule, werd hij in 1882 benoemd tot hoogleraar aan het Polytechnikum in zijn geboortestad.⁹⁴ Hij kreeg opdracht een nieuw laboratorium in te richten, het chemisch curriculum te hervormen en daarmee een internationale kring van studenten aan te trekken en pakte deze taak vol overgave op.⁹⁵ Hij bezocht de grote onderzoeksinstituten in Duitsland en Zwitserland, leerde daar zijn collega's kennen en hield zijn ogen en oren goed open. Met succes: het aantal studenten groeide gestaag. Op een van zijn bezoeken aan Leipzig had hij de uitgever Rudolf Engelmann leren kennen en deze warm gemaakt voor de uitgave van een *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, een overzicht op basis van zijn colleges over onderwerpen op het grensgebied van de scheikunde en de natuurkunde.⁹⁶ Het eerste deel daarvan verscheen in 1885 en werd een groot succes. Het tweede en laatste deel liet echter wat op

zich wachten, omdat Ostwald daarin een overzicht wilde geven van de stand van het onderzoek naar de affiniteit.

Ostwald had de *Études* pas in de zomer van 1886 in handen gekregen. In zijn autobiografie schrijft hij dat het een boek was dat hem veel hoofdbrekens bezorgde, zonder verder in te gaan op wat hij ervan vond.⁹⁷ Van 't Hoff was verder gekomen dan wie dan ook bij de toepassing van de thermodynamica op chemische problemen en had ook nieuw inzicht geboden in de grootte en aard van de affiniteit. Dat wilde Ostwald nog meenemen in het tweede deel van zijn *Lehrbuch*. Daarom had hij pas begin augustus 1886 zijn manuscript opgestuurd naar Leipzig, waar het boek begin 1887 was verschenen.⁹⁸ Over de *Études* schreef hij daarin: 'Hoewel verscheidene conclusies van de auteur nog bevestiging en experimentele doorwerking behoeven, hebben de rijkdom aan ideeën en de veelsoortigheid van de toepassingen een boven alle twijfel verheven en blijvende waarde.'⁹⁹ Toch was hij niet onverdeeld positief:

Voor een diepgaande kritiek van de toepassingen die de auteur van zijn theorie presenteert, ontbreekt hier de ruimte. Er kan echter niet verholen worden dat verscheidene van zijn opmerkingen over en berekeningen aan de theorie van Guldberg en Waage verkeerd zijn.¹⁰⁰

De meest uitgebreide en ook meest positieve reactie uit het buitenland verscheen in een Zweeds tijdschrift, *Nordisk Revy*, en was van de hand van de toen nog onbekende Zweedse scheikundige Svante Arrhenius.¹⁰¹ Hij had het boek via zijn hoogleraar Otto Pettersson in handen gekregen. Die was een van de medewerkers van de *Nordisk Revy* en was na publicatie van de *Études* een briefwisseling met Van 't Hoff begonnen. Later zou hij ook Arrhenius' proefschrift bespreken in hetzelfde tijdschrift. Het had even geduurd voor Arrhenius aan het boek van Van 't Hoff toekwam, omdat zijn vader plotseling ernstig ziek was geworden. Zijn bespreking verscheen op 31 maart 1885, zijn vader overleed vijf dagen later. Arrhenius stuurde direct een exemplaar ervan op naar Van 't Hoff, die niet alleen aangenaam verrast was, maar ook erg benieuwd naar de inhoud. Waar Van 't Hoff zich goed kon redden in het Frans, Duits en Engels, zonder die talen overigens perfect te beheersen,¹⁰² was het Zweeds hem volstrekt onbekend. Zijn vrouw Jenny daarentegen was veel beter thuis in vreemde talen, getuige ook het verzoek dat Van 't Hoff aan haar richtte om met haar hulp te beginnen aan het schrijven van de *Études* (zie het begin van dit hoofdstuk). Hoewel ook zij het Zweeds niet machtig was, zette zij zich met hulp van een woordenboek aan een vertaling,¹⁰³ die natuurlijk direct gedeeld werd met de als altijd erg belangstellende vader Van 't Hoff. Dat blijkt uit een brief die Jenny stuurde aan haar schoonvader, iets meer dan twee weken na verschijning van de bespreking:

Lieve Papa, hier is de vertaling, die we zoo juist mogelijk hebben getracht te maken. De slotzin gaf het meeste moeite, en ik weet dan ook niet of we daarin de meening goed weêrgegeven hebben.¹⁰⁴

Alvorens op de (uiterst lovende) bespreking van Arrhenius in te gaan, is het goed diens ontwikkeling als wetenschapper tot dan toe te schetsen. Alleen zo kan duidelijk worden waarom de *Études* zo'n indruk op hem maakten en vooral waarom hij het idee had in Van 't Hoff een verwante geest te hebben ontmoet.

De leerjaren van Svante Arrhenius

Svante Arrhenius werd op 19 februari 1859 geboren in een klein plaatsje in de buurt van de universiteitsstad Uppsala.¹⁰⁵ Hij studeerde daar wiskunde, natuurkunde en scheikunde en verdedigde er in 1884 met succes zijn proefschrift. Het onderzoek dat aan dat proefschrift ten grondslag lag, had hij uitgevoerd aan de Högskola in Stockholm. Daar waren allerlei redenen voor. In de eerste plaats was er in Uppsala weinig aandacht voor experimenteel onderzoek op het gebied van natuur- en scheikunde. Als er al iets gebeurde dan was dat binnen door almachtige hoogleraren aangegeven kaders. De hoogleraar chemie Per Cleve synthetiseerde anorganische verbindingen,¹⁰⁶ terwijl de hoogleraar natuurkunde Robert Thalén zijn dagen vulde met het uiterst nauwkeurig meten van spectraallijnen, in navolging van zijn leermeester Anders Jonas Ångström. Daarbij had Arrhenius een eenvoudige achtergrond en paste niet goed in het zeer klassenbewuste universitaire milieu. Hij kon het wél uitstekend vinden met de hoogleraar in Stockholm Eric Edlund, die bij Von Helmholtz in Berlijn had gestudeerd en onderzoek deed naar elektrische verschijnselen. Bovendien liet deze hem in tegenstelling tot Cleve vrij om zijn eigen onderwerpen te kiezen.

Arrhenius was zijn werk in Stockholm begonnen met metingen aan de geleidbaarheid van zoutoplossingen. Het was bekend dat toevoeging van een niet-geleidende verbinding de geleidbaarheid van een zoutoplossing vermindert, en door hier nauwkeurige metingen aan te doen hoopte hij conclusies te kunnen trekken over het molecuulgewicht van de toegevoegde verbinding. Bij zijn experimenten bleek echter dat de geleidbaarheid van een zoutoplossing sterk afhankelijk was van de zoutconcentratie en zijn aandacht verschoof dan ook in die richting. Een groot voordeel was dat Edlund een methode had ontwikkeld om ook zeer kleine geleidbaarheden met grote precisie te bepalen. Bovendien kreeg hij bij de interpretatie van de metingen hulp van de eerdergenoemde hoogleraar scheikunde in Stockholm, Otto Pettersson. Die was ervan overtuigd dat nauwkeurige metingen aan allerlei fysische eigenschappen van stoffen belangrijke informatie konden verschaffen over chemische eigenschappen van verbindingen, iets wat we precies zo bij Van 't Hoff hebben gezien, en op dat kompas zette Arrhenius zijn onderzoeksprogramma op.



De jonge Svante Arrhenius (1859-1927) in de periode na voltooiing van zijn proefschrift.

Na zijn metingen te hebben voltooid schreef Arrhenius een eerste versie van zijn proefschrift (in het Zweeds) in de lente van 1883. Het document was voor het grootste deel gewijd aan zijn metingen en bevatte onder andere een uitgebreide verantwoording van de gebruikte experimentele methode om de extreem lage geleidbaarheden van zoutoplossingen te meten. Op aandringen van Pettersson voegde hij daar later een tweede, theoretisch gedeelte aan toe, dat aanvankelijk slechts als een appendix bij de metingen zou verschijnen. Daarmee veranderde het proefschrift van karakter en werd het gekenmerkt door hypothese en speculatie, hetgeen verre van gewoon was voor een proefschrift in die dagen. Maar zonder dit tweede deel zou zijn proefschrift nooit zijn uitgegroeid tot het belangrijke document dat het is geworden en zou hij ook nooit zo'n interesse hebben gehad voor het werk van Van 't Hoff. In augustus 1883 liet hij zijn werk in het Frans vertalen,¹⁰⁷ waarna hij de twee delen aan het eind van dat jaar definitief bij de Akademie indiende. Ze zouden vlak na Arrhenius' mondelinge verdediging van zijn proefschrift in mei 1884 verschijnen.¹⁰⁸

Elektrolyse en (opnieuw) dissociatie

Het onderzoek dat Arrhenius had gedaan betrof een klasse van verbindingen die *elektrolyten* worden genoemd. Dit zijn verbindingen zoals zouten, zuren en basen, die geheel of gedeeltelijk splitsen in water waardoor de oplossing een elektrische stroom kan geleiden. Nadat Alessandro Volta in 1800 de batterij had uitgevonden, ontdekten scheikundigen dat ze daar reacties mee konden opwekken. Zo wisten twee Engelse chemici¹⁰⁹ ook in 1800 langs deze weg water te splitsen in waterstof en zuurstof. Daarmee was de eerste elektrolyse-reactie een feit: een chemische reactie die wordt opgewekt door met behulp

van twee elektroden een stroom door een vloeistof te voeren. Humphry Davy ontdekte in 1807-1808 op deze manier een aantal nieuwe elementen (onder andere natrium en kalium), terwijl in de jaren dertig de Engelse natuurkundige en leerling van Davy, Michael Faraday een tweetal wetten afleidde waarmee hij het elektrolyseproces kon beschrijven. Hij was het ook die op aanraden van William Whewell het proces en de twee gebruikte elektroden een naam gaf: bij de anode kwam de elektrische stroom de oplossing binnen om er bij de kathode weer uit te gaan. Wat er zich precies op moleculaire schaal in de cel afspeelde bleef vooralsnog een raadsel. Men sprak weliswaar van kationen en anionen, maar volgde daarin de definities zoals Faraday die ooit had verwoord om aan te geven waar het betreffende deeltje zich naartoe bewoog: anionen naar de positieve, en kationen naar de negatieve elektrode.¹¹⁰ Elektriciteit werd beschouwd als een soort fluïdum dat door materiedeeltjes van de ene naar de andere elektrode werd gedragen, maar werd niet als een eigenschap van materie gezien. Dat atomen in een elektrochemische cel daadwerkelijk een lading hadden werd als eerste door Arrhenius geponeerd.¹¹¹

De eerste die onderzocht hoe de geleiding in een elektrolytische cel plaatsvindt was de Duitser Friedrich Kohlrausch.¹¹² Aan de hand van lange reeksen nauwkeurige metingen stelde hij een model op en liet zien dat elk ion een karakteristieke mobiliteit had – de beweging van alle ionen tezamen was verantwoordelijk voor de gemeten geleidbaarheid. Het was alleen niet eenvoudig een eenduidige relatie tussen geleidbaarheid en concentratie vast te stellen. Zo leken er verschillende soorten verbindingen te bestaan: sterke elektrolyten als anorganische zuren en oplosbare zouten, en zwakke elektrolyten als organische zuren en basen. Naarmate de concentratie toenam, waren er allerlei effecten die de geleidbaarheid beïnvloedden. Daarom richtte Arrhenius zijn pijlen op oplossingen bij extreme verdunning met behulp van de methode van Edlund.¹¹³ Dat was een gouden greep, omdat bij sterke verdunning alle onregelmatigheden verdwenen die de metingen van anderen hadden verstoord. Voor sterke elektrolyten maakte verdunning niet zoveel uit. De geleidbaarheid werd minder naarmate de concentratie afnam. Maar tot zijn eigen verrassing nam de geleidbaarheid van zwakke elektrolyten bij verdunning relatief toe en vertoonden bij 'oneindige' verdunning alle elektrolyten ongeveer *dezelfde* geleidbaarheid.

Nu hadden verschillende onderzoekers zich al beziggehouden met de vraag wat er zich op moleculaire schaal afspeelde met een elektrolyt in een oplossing. De Duitse fysicus Rudolf Clausius en de Engelse chemicus William Williamson waren de eersten die aannamen dat elektrolyten in oplossing voor een deel in stukken uiteenvielen.¹¹⁴ Waar Williamson deze dissociatie meer in algemene termen beschouwde als het gevolg van een chemische reactie onder invloed van warmte, stond voor Clausius vast dat dissociatie ook optrad onder invloed van een elektrische stroom en dat de ontstane producten zich

vervolgens onder invloed van het elektrisch veld gingen bewegen. In elk geval droegen volgens de Clausius-Williamson-hypothese niet alle opgeloste moleculen bij aan geleiding en elektrolyse. Arrhenius nam dat idee over en stelde dat er in elke oplossing actieve en niet-actieve componenten waren. De titel van het allereerste artikel dat hij publiceerde na het verschijnen van zijn proefschrift verwijst hier direct naar.¹¹⁵ Het was blijkbaar belangrijk voor hem dat hij zich wat dit betreft kon beroepen op een autoriteit als Clausius, iets wat hij veel later bevestigde:

Ik kende mijn hoogleraren in Uppsala maar al te goed, en zag in dat het onmogelijk was om hen dat te laten geloven.¹¹⁶

Belangrijk is te vermelden dat hij in 1883 nog geen idee had wat die actieve en niet-actieve moleculen van elkaar onderscheidde. Het idee dat er zich in de oplossing geladen deeltjes bevonden¹¹⁷ was zeker nog niet bij hem opgekomen.

In welke zin deze twee delen van elkaar verschillen moet nog worden opgehelderd. Het actieve deel is waarschijnlijk een verbinding van het inactieve deel en het oplosmiddel (zoals bij ammonia). Of het verschil tussen het actieve en inactieve deel is zuiver fysisch van aard.¹¹⁸

Activering van een molecuul zou dus het resultaat kunnen zijn van de interactie met de omringende watermoleculen, zoals in het geval van het oplossen van ammoniak in water waarbij ammonia (NH_4OH) ontstaat. Naarmate de concentratie van de opgeloste stof afnam, werd de kans dat een molecuul met water in aanraking kwam en zo geactiveerd werd groter. Zo waren er bij zeer grote verdunningen bijna alleen maar actieve componenten in de oplossing aanwezig, hetgeen verklaarde dat de geleidbaarheid bij grote verdunning toenam.¹¹⁹

Arrhenius was in staat om in grote hoeveelheden data patronen te onderscheiden en daar conclusies aan te verbinden. Op basis van een lange reeks meetresultaten van hemzelf en Kohlrausch aan zuren en basen bij verschillende concentraties kwam hij tot een opmerkelijke observatie. Zuren die de hoogste geleidbaarheid vertoonden waren ook chemisch het sterkst, dat wil zeggen dat ze in aanwezigheid van een zwakker zuur altijd als eerste met een tevens aanwezige base reageerden. Bovendien leidden de reacties die hij beschouwde altijd tot een chemisch *evenwicht* tussen actieve en niet-actieve moleculen. Analooq aan wat Guldberg en Waage eerder hadden gedaan, en wat Van 't Hoff later (en beter) overdeed, leidde Arrhenius een vergelijking af die hem in staat stelde dit evenwicht van elektrolyten in oplossing te beschrijven. Tot zijn grote genoegen kon de ligging van dat evenwicht worden bepaald door het meten van de geleidbaarheid. Zo had hij de link te pakken

tussen fysische en chemische eigenschappen waar hij al die tijd naar op zoek was geweest. Het was volgens Root-Bernstein 'absurdly simple at heart'.¹²⁰ Arrhenius beschreef dit allemaal in zijn proefschrift en legde dat vervolgens voor aan zijn universitaire begeleiders.

Hoewel hij in Stockholm zijn onderzoek had gedaan onder leiding van Edlund en Pettersson, moest Arrhenius zijn proefschrift verdedigen in Uppsala, omdat de Högskola niet bevoegd was het doctoraat toe te kennen. Hij diende zich dus aan het oordeel van Cleve en Thalén te onderwerpen, en wat die van zijn werk vonden bleek al uit een gesprek met Cleve waarin Arrhenius hem meedeelde:

dat ik een nieuwe theorie heb opgesteld voor de chemische inwerking van elektrolyten. 'Dat is geweldig', sprak hij ironisch uit de hoogte, waarmee hij liet zien dat hij het beneden zijn waardigheid achtte op zulke belachelijke speculaties in te gaan.¹²¹

De verdediging van het proefschrift, op 26 mei 1884, liep uit op een grote teleurstelling, die Arrhenius zijn hele leven niet is vergeten. Hoewel hij zich in de discussie met de commissie kranig moet hebben geweerd, kreeg hij voor het proefschrift slechts een 'non sine laude', zo ongeveer het laagst mogelijke oordeel, en zeker te laag om in aanmerking te komen voor een docentschap aan de universiteit, hetgeen Arrhenius meer dan wat ook ambieerde. Maar de in zijn ogen grootste vernedering, 'de wond die nooit zou helen',¹²² kwam bij de feestelijke uitreikingsceremonie een paar dagen later, waarbij alle faculteitsleden de jonge doctor kwamen feliciteren. Die middag schitterden Cleve en Thalén door afwezigheid, iets waar Arrhenius zelfs veertig jaar later nog vol verontwaardiging over was. Achteraf dringt de vraag zich op of het wel slim was om een zeker voor die tijd uiterst speculatieve theorie als hoofdmoot van een proefschrift te presenteren. Wanneer hij alleen zijn metingen zou hebben gepresenteerd, zou het resultaat wellicht positiever zijn geweest. Van 't Hoff deed het wat dat betreft slimmer door een doorsnee onderwerp te kiezen voor zijn proefschrift en zijn 'speculaties' over de ruimtelijke structuur van het koolstofatoom te bewaren voor zijn *Voorstel*.

Maar hoe moest Arrhenius nu verder? In elk geval liet hij zich niet uit het veld slaan. Hij wilde een deskundig oordeel over zijn theorie en stuurde daartoe in juni 1884 exemplaren van zijn proefschrift aan buitenlandse collega's als Rudolf Clausius, Lothar Meyer, Julius Thomsen en Wilhelm Ostwald. Ook Van 't Hoff kreeg een exemplaar toegestuurd, maar hij reageerde hier pas op nadat Arrhenius zijn *Études* had besproken in maart 1885.¹²³ De anderen die wél reageerden boden weinig soelaas: Thomsen schreef aan Cleve dat de theorie in zijn ogen niets nieuws bevatte, en de eerste twee antwoordden met korte beleefdheidsbriefjes. Ostwald was als enige zeer geïnteresseerd:

Ik zal mijn hele leven de dag niet vergeten waarop ik voor het eerst de naam Svante Arrhenius leerde kennen. Ik had die dag – het was juni 1884 – tegelijkertijd een pijnlijke zwerende kies, een schattig dochttertje en een verhandeling van Svante Arrhenius [...] gekregen.¹²⁴

De kiespijn ging over, het dochttertje gedroeg zich voorbeeldig, maar van de verhandeling 'kreeg ik hoofdpijn en meer dan één doorwaakte nacht'. Ostwald had namelijk al eerder metingen gedaan aan reacties in oplossing waarvan de snelheid door zuren wordt beïnvloed. Voor een grote hoeveelheid zuren had hij gevonden dat naarmate een zuur sterker was – iets wat hij uitdrukte in een getal dat hij de *affiniteitsgrootte* noemde – de reactie sneller verliep.¹²⁵ Wat die sterkte van een zuur precies betekende wist hij niet, maar toen hij eenmaal kennis had genomen van de resultaten van Arrhenius, besloot hij om zelf ook geleidbaarheidsmetingen aan zuren te gaan doen. Misschien kon hij ook laten zien dat de activiteit van elk zuur samenhangt met de geleidbaarheid. Voor de benodigde apparatuur wendde hij zich onmiddellijk tot het plaatselijke telefoonbedrijf. Zijn collega Kohlrausch had namelijk een methode ontwikkeld om de geleidbaarheid van een oplossing te meten, gebruikmakend van de detectie van geluid in een luidspreker. Deze zou later algemeen ingang vinden, want hij was weliswaar minder gevoelig dan die van Edlund, maar veel eenvoudiger.

Binnen een maand had Ostwald 34 zuren doorgemeten en vastgesteld dat Arrhenius' aanname dat de chemische activiteit gelijk opgaat met de geleidbaarheid in alle gevallen klopte.¹²⁶ Het werd dus tijd om die onbekende Zweed eens te ontmoeten. Na enige brieven te hebben uitgewisseld, toog Ostwald naar Uppsala. Arrhenius zou hem op het station opwachten, maar omdat ze elkaar nog nooit eerder hadden ontmoet, hadden ze afgesproken dat Arrhenius zou wapperen met een overdrukje van een van zijn artikelen.¹²⁷ In Uppsala ontmoetten ze ook Cleve en Thalén, die zich zeer verbaasden over het feit dat een professor uit Duitsland zo veel belangstelling had voor het werk van hun voormalige student en hem zelfs in een recent artikel uitgebreid had geprezen. Cleve sprak Ostwald hier zelfs direct op aan:

Dus U gelooft dat daar in dat bekersglas met keukenzoutoplossing de natriumatomen in hun eentje rondzwemmen? Toen ik dat bevestigde wierp hij een snelle zijdelingse blik op mij, waarmee hij een oprechte twijfel aan mijn chemische inzicht tot uitdrukking bracht.¹²⁸

Voor Arrhenius betekende Ostwalds bezoek de grote ommekeer. Hij vergezelde Ostwald naar de Naturforscherversammlung in Magdeburg, waar Ostwald een verhaal zou houden over zijn onderzoek. Die gaf echter alleen een korte historische inleiding en gaf vervolgens het woord aan Arrhenius, die zo voor



Wilhelm Ostwald (1853-1932) die samen met Van 't Hoff en Arrhenius de basis legde voor het nieuwe vakgebied der fysische chemie.

de eerste keer zijn werk buiten Zweden kon presenteren.¹²⁹ Eerder al had hij een weerwoord gepubliceerd tegen een artikel van de Duitse chemicus Jahn, die de juistheid van de Clausius-Williamson-hypothese had betwist.¹³⁰ Arrhenius liet zien dat Jahn begrippen als arbeid, warmte en de spanning van een elektrolytische cel door elkaar gooide. Hoewel hij niet zelf de juiste thermodynamische regels afleidde, maakte hij gebruik van argumenten die ook Von Helmholtz en Van 't Hoff later naar voren zouden brengen. Omdat Arrhenius zijn artikel eind december 1883 had ingediend, bestaat er geen twijfel dat hij onafhankelijk van Van 't Hoff tot zijn conclusies was gekomen.

In Uppsala bleef de interesse uit het buitenland voor Arrhenius' werk niet onopgemerkt, want in november bood de faculteit hem plotseling een positie als *Privatdozent* aan, zij het zonder salaris, studenten of eigen laboratorium. Arrhenius mocht dan weliswaar niet voldoende competent zijn gebleken voor een docentschap in de zuivere chemie (gezien het oordeel 'non sine laude'), maar hij was dat blijkbaar wel op het nieuwe vakgebied der fysische chemie.¹³¹ Een van de eerste dingen waar hij zich op richtte waren de *Études* van Van 't Hoff, die hij eind 1884 via Pettersson toegestuurd had gekregen. Begin 1885 schreef hij zijn bespreking. Gezien zijn eigen onderzoek, waarin hij ook gestuit was op de noodzaak een evenwicht te beschrijven, zal hij zeer geïnteresseerd kennis hebben genomen van wat Van 't Hoff hierover had opgeschreven, met name dan over diens theorieën:

Dit werk, dat de grootste opmerksaamheid verdient, bestaat uit twee zeer verschillende delen: het eerste experimenteel, het volgende theoretisch. Het eerste deel is evenwel van betrekkelijk ondergeschikt belang, niettegenstaande de vele eigenaardige en interessante feiten, die erin behandeld worden.¹³²

In zijn bespreking liep hij stap voor stap door de hoofdstukken en gaf met veel instemming elk onderwerp in het kort weer. Natuurlijk was hij het helemaal met Van 't Hoff eens waar deze de thermochemici terechtwees omdat zij uitsluitend aandacht hadden voor de warmte die bij een reactie vrijkwam: Van 't Hoff 'neemt [...] de natuur haar janusmasker af, dat thermochemici haar eigenzinnig willen voorhouden'. Ook deelde hij Van 't Hoff's conclusie dat het principe van maximale arbeid alleen geldig was bij het absolute nulpunt. Zelf was hij 'op geheel andere gronden tot dezelfde slotsom [...] gekomen'.¹³³ Verder prees hij Van 't Hoff om zijn behandeling van de verschillende soorten evenwichten en voor de keuze om de affiniteit te bepalen op basis van de aantrekkingskracht van een opgeloste verbinding voor water. Ook wees hij nog op het werk van de Franse chemicus Raoult, die metingen had gedaan aan de verlaging van het vriespunt van water wanneer daar een verbinding in werd opgelost, en op de noodzaak van een zuiver thermodynamische benadering van chemische problemen. Volgens Arrhenius had Van 't Hoff een groots verschiep geopend voor toekomstig onderzoek, en hij sprak de verwachting uit dat 'het niet lang meer [zou] duren of dit veld zal worden bewerkt door een massa vlijtige onderzoekers'.¹³⁴

Zo kreeg Van 't Hoff uit onverwachte hoek, niet uit Duitsland, niet uit Frankrijk, maar uit het wetenschappelijke achterland van Zweden een uiterst positieve reactie op zijn *Études*. Dat moet 'm goed gedaan hebben. Hij heeft het artikel van Arrhenius zijn leven lang bewaard. Zijn brief aan Arrhenius uit 1885 zou het begin vormen van een correspondentie én een vriendschap die tot aan zijn dood in 1911 zou duren. Samen met Ostwald en Arrhenius stond hij nog maar aan het begin van een aantal grote ontdekkingen die het gezicht van de chemie definitief zouden veranderen. Daar ging hij in Amsterdam samen met zijn studenten gestaag mee verder. Hij deed niet alleen andere experimenten die zijn theorieën konden bevestigen, maar werkte ook zijn ideeën over de aard van de affiniteit, waarmee hij in de laatste bladzijden van de *Études* een begin had gemaakt, verder uit. Voor Arrhenius was het veel minder duidelijk welke kant het met zijn onderzoek zou opgaan. Hij moest zijn vleugels uitslaan omdat de Universiteit van Uppsala hem op wetenschappelijk gebied niets te bieden had. Daarin werd hij geholpen door de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen die hem eind 1885 een reisstipendium toekende, waarmee hij vijf jaar lang als een wetenschappelijke nomade door Europa kon gaan reizen om samen te werken met échte vak-

broeders als Wilhelm Ostwald in Riga, Ludwig Boltzmann in Wenen, Friedrich Kohlrausch in Würzburg en natuurlijk Van 't Hoff in Amsterdam.¹³⁵ Die ervaringen en contacten zouden zijn wetenschappelijke loopbaan een beslissende wending geven en leiden tot een ontdekking die hem de Nobelprijs zou opleveren.

8

Oplossen en uiteenvallen

Onverwacht groot was dat bedrag; de onschuldige 1% suikeroplossing kon dus water oppersen, twee verdiepingen hoog, d. i. belangrijk meer dan de Amst[er]damsche Duinwatermaatschappij bij zomerdag. – J.H. van 't Hoff¹

Osmotische druk

Een toevallige ontmoeting op de Groenburgwal met zijn vriend en collega Hugo de Vries zette Van 't Hoff op het pad dat hem uiteindelijk een Nobelprijs zou opleveren. Het onderzoek van De Vries naar het mechanisme dat planten en plantencellen hun stevigheid gaf, verschaftte Van 't Hoff het uitgangspunt waarop hij zijn theorie over de analogie tussen het gedrag van deeltjes in een gas en in een oplossing kon baseren. Vanaf zijn promotie was hij al op zoek geweest naar de samenhang tussen de structuur en chemische eigenschappen van moleculen, eerst in zijn *Ansichten über die organische Chemie*, dat hij later als een mislukking beschouwde, en daarna op veel succesvoller wijze in de *Études*. Daarin had hij eerst op systematische wijze de reactiesnelheid en het chemisch evenwicht bestudeerd om uit te komen bij het probleem van de affiniteit, de drijvende kracht achter chemische reacties. 'U ziet,' zo zei hij terugkijkend tijdens een lezing in 1893, 'om mijn doel te bereiken raakte ik er steeds verder van verwijderd; dat gebeurt vaker.'²

Om meer te weten te komen over wat 'chemische affiniteit' nu eigenlijk behelsde, had Van 't Hoff een betrekkelijk eenvoudig modelsysteem gevonden, namelijk de mate waarin verbindingen water aantrekken. Een zout kan bijvoorbeeld water uit de lucht opnemen. Maar zoals het verschijnsel osmose in plantencellen laat zien, trekken zouten en suikers ook in opgeloste toestand water aan. Dat was het cruciale inzicht dat De Vries hem had geboden. Maar ook al had hij jarenlang het osmotisch effect van allerlei verbindingen gemeten, De Vries was niet in staat geweest de absolute druk te meten en zat bovendien verlegen om een theorie waarmee hij de osmotische druk kon *verklaren*.³ Begin 1884 publiceerde hij een uitgebreide studie naar de osmotische werking van verschillende stoffen.⁴ Net als planten kunnen verwelken door uitdroging, is verwelking ook op te wekken door plantencellen in een geconcentreerde suiker- of zoutoplossing te leggen. Die oplossing onttrekt het water aan de cellen via de osmotische kracht. Omgekeerd kan een bad in zuiver water de celspanning weer op peil brengen. En wanneer een oplossing precies de juiste zout- of suikerconcentratie heeft, gelijk aan die in de cel, gebeurt er niets. De Vries noemde zo'n oplossing *isotonisch*, omdat deze dezelfde osmotische druk leverde als die in de plantencel.

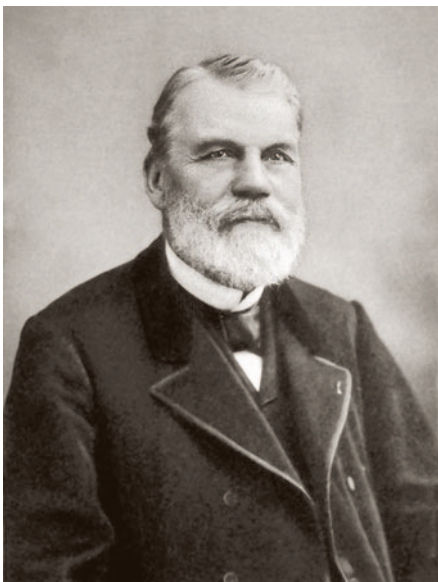


De Amsterdamse botanicus Hugo de Vries (1848-1935) na zijn benoeming tot hoogleraar in Amsterdam rond 1880.

Volgens De Vries was osmose geen chemisch, maar een fysisch verschijnsel: verschillende verbindingen leverden immers dezelfde osmotische druk zolang de concentratie ervan maar hetzelfde was.⁵ Let wel, het betrof in dit geval niet de concentratie uitgedrukt in gram per liter, nee, bij osmose ging het om *het aantal opgeloste moleculen* per liter. Om een getallenvoorbeeld van Van 't Hoff zelf aan te halen: omdat één molecuul suiker acht keer zo zwaar is als één molecuul alcohol, moet er ook acht keer zoveel gram suiker als alcohol in water worden opgelost om eenzelfde isotonische oplossing te krijgen. Even verder in dezelfde rede zou Van 't Hoff het zo formuleren:

De levende plant kan [...] molekulen tellen, maar onderscheidt ze niet van elkaar.⁶

Maar de metingen van De Vries brachten een onvermoed effect aan het licht. Sommige verbindingen, vooral zouten, bleken veel effectiever te zijn in het opwekken van een osmotische druk. Het leek wel of die in een oplossing in stukken uiteenvielen, waardoor er effectief meer deeltjes waren om bij te dragen aan de opbouw van de osmotische druk.⁷ De Vries drukte dat uit in een *isotonische coëfficiënt*: voor suiker had hij deze gelijkgesteld aan 2, terwijl een zout als kaliumsulfaat (K_2SO_4) een drie keer zo grote coëfficiënt had en daarmee ook drie keer zo effectief was. De Vries voerde lange reeksen van experimenten uit, en zette de resultaten allemaal keurig bij elkaar in tabellen, maar kon er geen verklaring voor vinden. Wél kwam hij erachter dat iemand anders op een totaal ander onderzoeksgebied tegen een soortgelijk verschijnsel was aangelopen.



De metingen van François-Marie Raoult (1830-1901) aan de vriespuntsdaling van oplossingen zetten Van 't Hoff en Arrhenius op het spoor van de dissociatie van elektrolyten.

Tussen 1880 en 1883 had de Franse scheikundige François-Marie Raoult metingen gedaan aan het vriespunt van oplossingen van allerlei verbindingen. Door zout in water op te lossen daalt het vriespunt. Dat is de reden dat het zin heeft om zout te strooien als het gevroren heeft: door het oplossen van het zout smelten het ijs en de sneeuw op de weg. Net als De Vries had Raoult geconcludeerd dat deze vriespuntsverlaging geen chemisch verschijnsel kon zijn, omdat totaal verschillende verbindingen tot dezelfde vriespuntsverlaging leidden, zolang de concentratie ervan maar hetzelfde was. Net als bij osmose ging het ook hierbij om *het aantal opgeloste moleculen* per liter,⁸ of opnieuw volgens Van 't Hoff: 'Ook smeltend ijs bleek moleculen te kunnen tellen.'⁹ En ook Raoult was het opgevallen dat sommige verbindingen effectiever waren dan andere in het verlagen van het vriespunt.¹⁰ En dat bleken nu net dezelfde verbindingen te zijn als die De Vries had gevonden: zouten. Maar evenmin als De Vries snapte Raoult wat daarachter zat.

Het lange artikel waarin De Vries zijn metingen uiteenzette en bediscussieerde verscheen in de eerste maanden van 1884.¹¹ Ongeveer in diezelfde tijd rondde Van 't Hoff het werk aan zijn *Études* af. Het is niet precies bekend wanneer het boek verscheen,¹² maar de eerste keer dat er in de wetenschappelijke literatuur naar wordt verwezen is in augustus 1884.¹³ Omdat Van 't Hoff nergens in de *Études* refereert aan de metingen van De Vries, is het aannemelijk dat het manuscript al naar de drukker was toen hij in februari of maart 1884 diens uitgebreide studie onder ogen kreeg. Vervolgens liet hij er geen gras over groeien. Hij had namelijk wél door hoe het zat. Dankzij het voorwerk dat hij met de *Études* had verricht, de metingen van De Vries en diens verwij-

zingen naar het werk van Raoult, kwam hij tot een verrassend inzicht: oplossingen gedragen zich geheel analoog aan gassen en de wetten die het gedrag van gassen beschrijven, zoals de algemene gaswet (wet van Boyle en Gay-Lussac) en de wet van Avogadro, zijn ook van toepassing op oplossingen.

In zijn biografie schetst Cohen een romantisch beeld van deze ontdekking, die zou hebben plaatsgevonden tijdens de zomervakantie die hij van eind mei tot september 1884 met zijn gezin doorbracht in een klein landhuis, Heideveld, in Hilversum:

Houten chalet Heideveld in Hilversum, waar Van 't Hoff met zijn gezin in de jaren 1880 een aantal zomervakanties doorbracht.



Op het grasveld voor het huis 'onder het gezang van nachtegalen en geurende reseda's' zette hij zijn gedachten op papier, gedachten die voor de wetenschap nieuwe vergezichten en voor hem zelf de weg naar onvergankelijke roem zouden openen.¹⁴

De enige verwijzing naar nachtegalen is te vinden in een brief waarin Jenny aan het eind van 1884 terugkijkt op het afgelopen jaar en aldus verwijst naar de tijd in Hilversum:

Toen kwam de opoffering van de groote vakantie, die je toch zeker wel veel gekost heeft, maar hoewel wij dikwijls zwijgend naast elkander gingen, hebben wij toch geloof ik beide genoten van die avondwandelingen als de nachtegalen zongen, en later, toen het warm was, beide van het zitten onder de veranda.¹⁵

De 'geurende reseda's' ontleende Cohen waarschijnlijk aan een lied van Richard Strauss.¹⁶ Volgens Cohen zou Van 't Hoff zijn hele zomervakantie schrijvend in Hilversum hebben doorgebracht, maar dat is onjuist.¹⁷ Uit aantekeningen

van zijn dochter Jenny blijkt dat de kinderen er met moeder en een dienstmeisje waren en dat Van 't Hoff alleen in het weekend overkwam uit Amsterdam. Jenny herinnerde zich later ook nog dat ze op gezette tijden prinses Wilhelmina 'met een prachtige grote hoed met witte struisveren' 's ochtends met haar ponywagen langs de tuin zagen rijden, waarna 'we dan "leve ons prinsesje" riepen en dan groette ze zó vriendelijk terug en maakte ons geluk'.¹⁸

De analogie tussen oplossingen en gassen

Van 't Hoff was niet de eerste die een verband legde tussen het gedrag van gassen en dat van oplossingen.¹⁹ In 1839 had de Franse chemicus Joseph Louis Gay-Lussac er al op gewezen dat het verdampen van een vloeistof erg veel leek op het oplossen van een verbinding in een vloeistof.²⁰ Zijn landgenoot Auguste Rosenstiehl werkte dit idee nog wat verder uit door erop te wijzen dat net als de moleculen in een gas of damp, de moleculen in een oplossing een afstotende kracht op elkaar uitoefenden. Hij suggereerde zelfs een manier om deze afstotende kracht te meten via de osmotische druk:

Het enige verschil tussen de vloeistofkolom die wordt opgewekt in een osmometer en de zuiger die wordt opgetild door de elastische kracht van een damp is het milieu waarin de betreffende arbeid wordt verricht.²¹

Eerder kwamen we ook August Horstmann tegen, die als eerste de thermodynamica toepaste binnen de chemie en daarmee Van 't Hoff zeer heeft beïnvloed. In een van zijn artikelen over dissociatie van moleculen maakte diezelfde Horstmann ook al een losse opmerking over de analogie tussen de eigenschappen en het gedrag van een ideaal gas en die van moleculen in een oplossing toen hij schreef:

dat in verdunde oplossingen de entropie van een zout op dezelfde wijze van de afstand tussen zijn moleculen afhangt als in een permanent gas, een aanname die ook verder aannemelijk lijkt.²²

Geen van bovengenoemde 'voorlopers' heeft echter zijn ideeën verder uitgewerkt, laat staan getoetst aan experimenten. Degene die nog het dichtst bij de conclusies van Van 't Hoff kwam, was een jonge Duitse chemicus uit Heidelberg, Isidor Traube. In een artikel met de titel *Über die Beziehungen einiger für Lösungen und Gase geltender Gesetze zu einander* werkte hij in 1883 de analogie tussen oplossingen en gassen uit en wees hij op de geldigheid van de verschillende gaswetten (de wet van Boyle etc.) voor oplossingen, deels op basis van de experimenten van Raoult. Het probleem is alleen dat hij op advies van zijn oudere collega Lothar Meyer het artikel nooit publiceerde. Meyer raadde hem aan zich eerst verder te ontwikkelen in de wiskunde en vooral

om meer solide experimentele data te verzamelen.²³ Wat we van de inhoud van zijn artikel weten is afkomstig van Traube zelf, die het vele jaren later beschreef in zijn *Lebenserinnerungen*.²⁴ Daarin schrijft hij ook dat hij aanvankelijk geen spijt had van zijn beslissing om zijn artikel niet te publiceren: 'Van 't Hoff heeft in zijn theorie der oplossingen de problemen die er heersten rond oplossingen thermodynamisch en experimenteel wezenlijk beter uiteengezet.'²⁵ Maar vijftig jaar later, in 1932 dacht hij daar anders over en deelde hij het artikel alsnog met Paul Walden, die de ontwikkeling van het vakgebied der oplossingen in 1910 te boek had gesteld.²⁶ Die schreef hem terug hoe jammer hij het vond dat Traube zijn ideeën niet had gepubliceerd: 'De beste nieuwe theorieën komen vaak van jonge geesten die nog niet belast zijn met enorme hoeveelheden aan experimentele data of die nog niet door de waarheid van het ambt en het eigen Ik geremd worden.'²⁷

Zoals dezelfde Paul Walden het uitdrukte 'Op bepaalde tijden [lijken] bepaalde ideeën in de lucht te zweven, maar is alleen een grote geest in staat die tot een nuttige theorie om te werken.'²⁸ Onwetend van wat Horstmann had beweerd – hij verwijst er in elk geval niet naar –, begon Van 't Hoff in de zomer van 1884 aan een lang artikel voor de *Archives Néerlandaises* waarin hij zijn ideeën over het gedrag van oplossingen en de analogie met het gedrag van gassen uiteenzette.²⁹ Daarin speelde de osmotische druk een centrale rol. Om zijn theorie te grondvesten, had hij uit kunnen gaan van een beschrijving op *microscopisch* niveau van het gedrag van deeltjes in een oplossing, analoog aan wat Maxwell eerder voor gassen had gedaan. Maar in lijn met het pad dat hij in de *Études* was ingeslagen, koos hij ervoor gebruik te maken van de thermodynamica, de leer van de warmte en energie, die op *macroscopisch* niveau beschrijft wat er in een oplossing gebeurt. Natuurkundigen hadden in het midden van de negentiende eeuw de taal ontwikkeld die het mogelijk maakte processen te beschrijven waarin energieomzettingen, warmte en arbeid een rol speelden. Centraal hierin stond een reversibel *kringproces*: een reeks opeenvolgende stappen die een systeem doorloopt door de overdracht van warmte en het uitvoeren van arbeid bij verschillende temperatuur, druk en volume om uiteindelijk weer terug te keren naar de uitgangssituatie. Daarmee kan bijvoorbeeld de werking van een stoommachine worden beschreven, waarbij warmte wordt omgezet in arbeid.

Van 't Hoff nam dit soort kringprocessen als uitgangspunt. Hij behandelde eerst een voorbeeld waarin een hoeveelheid gas in een cilinder een aantal reversibele stappen doorloopt. Het volume ervan neemt afwisselend toe en af onder gelijktijdige opname en afgifte van warmte. Hij leidde zo een formule af voor de totale hoeveelheid arbeid die door het gas wordt verricht.³⁰ Vervolgens maakte hij de overstap naar een oplossing die door een halfdoorlatende zuiger wordt afgesloten. Door deze in zijn geheel in een bak met water te plaatsen, bouwt zich binnen de cilinder een osmotische druk op. Die druk,

zo liet hij zien, was evenredig met het aantal opgeloste deeltjes per liter, oftewel met de concentratie. Daarmee gehoorzaamde een oplossing aan de wet van Boyle: als het volume kleiner wordt, en daarmee de concentratie evenredig toeneemt, neemt ook de druk evenredig toe. Dat kon hij aan de hand van de metingen van Pfeffer en De Vries ondubbelzinnig aantonen.³¹ Evenzo kon hij aan de hand van Pfeffers resultaten laten zien dat de osmotische druk evenredig toeneemt met de absolute temperatuur, waarmee ook de geldigheid van de wet van Gay-Lussac voor oplossingen was aangetoond.³² Ook andere metingen gaven Van 't Hoff het vertrouwen dat hij op het goede pad zat. In oktober 1883 had De Vries tijdens een vergadering van de Akademie van Wetenschappen in Amsterdam een lezing gehouden over zijn experimenten aan osmotische druk in plantencellen.³³ De Utrechtse hoogleraar Donders had hierop direct zijn assistent Hamburger opdracht gegeven de metingen van De Vries te herhalen aan rode bloedcellen, en deze had vergelijkbare resultaten verkregen.³⁴ Ook die bleken prachtig in overeenstemming te zijn met de door Van 't Hoff afgeleide theorie.

Maar Van 't Hoff zat nog wel in zijn maag met de waarneming van De Vries dat sommige verbindingen in oplossing effectiever waren dan andere bij het opwekken van een osmotische druk. Pragmatisch als hij was, liet hij zich daardoor niet uit het veld slaan en wist hij deze extra bijdrage uit te drukken in een getal i , dat vervolgens in al zijn vergelijkingen opdook. De algemene gaswet (wet van Boyle en Gay-Lussac, $pV = RT$), zag er voor oplossingen bijvoorbeeld zo uit:

$$pV = iRT^{35}$$

waarbij i een getal was dat kenmerkend was voor een bepaalde verbinding. De waarde van i kon hij bepalen aan de hand van de metingen aan de osmotische druk van De Vries en Donders. Maar het knappe van Van 't Hoff is dat hij verder keek, en nog drie andere soorten metingen in zijn analyses betrok. Allereerst waren er de al genoemde metingen van Raoult aan de vriespuntsverlaging van oplossingen, waar De Vries op had gewezen. Raoult had echter ook metingen gedaan aan de verlaging van de dampspanning van een oplossing. Ten slotte waren er ook metingen aan het oplossen van gasen in water. Deze vier totaal verschillende experimenten, uitgevoerd door verschillende onderzoekers gaven een keurige overeenstemming tussen verschillende i -waarden te zien. Dat wil zeggen, de i -waarde bleek kenmerkend te zijn voor de betreffende verbinding en onafhankelijk van de gebruikte meetmethode. Dat leidde tot een grote overzichtstabel waarin Van 't Hoff de i -waarden voor verschillende verbindingen samenbracht.³⁶

Wat die i -waarden betekenden en waarom ze verschilden, wist Van 't Hoff niet. Maar dat weerhield hem er in elk geval niet van om met de i -waarden te

gaan rekenen aan evenwichtsreacties in oplossingen. Waar volgens de wet van Guldberg en Waage het evenwicht bepaald wordt door de concentratie van de betrokken moleculen, zag Van 't Hoff in dat dat niet altijd juist was als er oplossingen in het spel waren. In die gevallen moest immers de *i*-waarde van een verbinding in rekening worden gebracht. Dat leidde tot duidelijke afwijkingen van de wet van Guldberg en Waage. Van 't Hoff vond in de literatuur voor een aantal chemische reacties in oplossing metingen van evenwichtsconstanten en reactiewarmten die niet in overeenstemming waren met de heersende theorie, maar die hij met behulp van de *i*-waarden wél kon verklaren. Duidelijk tot zijn eigen genoegen kon hij in alle betreffende gevallen vaststellen dat de theorie van Guldberg en Waage iets afwijkends voorspelde, terwijl er op basis van zijn theorie steeds sprake is van een 'coïncidence frappante',³⁷ een 'rapprochement assez frappant'³⁸ dan wel een 'concordance satisfaisante'³⁹ tussen theorie en experiment.

In het laatste deel van zijn artikel leidde Van 't Hoff het verband af tussen de evenwichtsconstante en de hoeveelheid nuttige arbeid die een reactie kan bewerkstelligen. Hoewel hij hierbij nergens naar het werk van Arrhenius verwijst, lijkt dit deel geïnspireerd te zijn door diens geleidbaarheidsmetingen. Van 't Hoff relateerde de hoeveelheid arbeid namelijk aan de spanning die in een elektrolytische cel wordt opgewekt, of omgekeerd, aan de tegengestelde spanning die je over de elektroden van een elektrolytische cel moet aanleggen om een chemische reactie tegen te gaan. Opnieuw bleken de theoretische overwegingen van Van 't Hoff goed overeen te komen met experimentele resultaten, in dit geval metingen van de Ierse chemicus Jellott die een cyclus van drie elkaar openvolgende chemische evenwichten had bestudeerd en had ontdekt dat het product van de drie evenwichtsconstanten gelijk was aan 1. Van 't Hoff's theorie bood daar als eerste een verklaring voor.⁴⁰

De Zweedse connectie

Van 't Hoff diende zijn artikel in bij de redactie van het tijdschrift van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen, de *Archives Néerlandaises*. Hoewel onbekend is wanneer hij dat precies deed, valt uit een vergelijking met artikelen die aan het zijne voorafgaan op te maken dat dit rond mei 1885 moet zijn gebeurd.⁴¹ Zeker is dat half oktober de eerste proefdruk van het artikel beschikbaar was. Toen stuurde de secretaris van de Maatschappij Johannes Bosscha hem namelijk een brief met daarin enige vragen en suggesties voor verbeteringen. Die beantwoordde hij per kerende post, dankend 'voor de welwillendheid waarmee gij mij op fouten wijst'.⁴² Maar Van 't Hoff wilde bredere ruchtbaarheid geven aan zijn ontdekkingen en daarvoor boden de *Archives Néerlandaises*, die buiten Nederland weinig gelezen werden, geen goede gelegenheid. Nu was hij tijdens het schrijven van zijn artikel een briefwisseling begonnen met de Zweedse chemicus Pettersson, die we eerder tegen-

kwamen als steun en toeverlaat van Svante Arrhenius. Petterssons laboratorium stond bekend om zijn nauwkeurige analyses en Van 't Hoff vroeg hem de smeltwarmte van dibroomethaan te bepalen. Die meting was voor hem van groot belang. Als kroon op zijn werk had hij namelijk op de van hem inmiddels bekende wijze – door gebruik te maken van een kringproces – een verband weten af te leiden tussen de osmotische druk en de vriespuntsverlaging die een verbinding in een oplossing opwekt. Een van de grootheden in die relatie was de smeltwarmte.⁴³ Dat leidde tot een formule waarmee hij de smeltwarmte kon berekenen uit de gemeten vriespuntsverlaging. Vergelijking met metingen van Raoult aan vijf verschillende vloeistoffen had opnieuw een bevredigende overeenstemming opgeleverd. Raoult had echter ook metingen gedaan aan de vriespuntsverlaging van dibroomethaan, maar daarvan was de smeltwarmte onbekend. Van 't Hoff had een waarde berekend van 13,2 en kreeg op 29 juni 1885 antwoord uit Stockholm:

De hoeveelheid warmte die bij het stollen wordt afgegeven, bereikt weliswaar niet helemaal de waarde 13,2, maar ligt daar toch zo dicht in de buurt, dat u het nauwelijks beter van een zodanige verbinding als dit bromide kunt verwachten.⁴⁴

Pettersson kwam uit op een gemiddelde waarde van 12,9. Van 't Hoff nam direct maar de gelegenheid te baat hem daarvoor zijn oprechte dank uit te spreken.⁴⁵

Van 't Hoff breidde nu zijn artikel, dat inmiddels al bij de redactie van de *Archives Néerlandaises* lag, uit met deze laatste bevindingen en stuurde het op naar Pettersson met het verzoek dit bij de Zweedse Akademie in te dienen. Afgezien van de zojuist beschreven additionele resultaten, die hij samen in een tweede deel bijeenbracht, en enige kleine redactionele wijzigingen is het bijna woordelijk hetzelfde als het artikel voor de *Archives*. Grote vraag is waarom Van 't Hoff het juist naar de Zweedse Akademie stuurde. Hierover doen allerlei anekdoten de ronde.⁴⁶ Zo is gesuggereerd dat Van 't Hoff het manuscript aan Guldberg en Waage wilde voorleggen – omdat die daar goed over zouden kunnen oordelen –, maar dat hij in de veronderstelling dat Noorwegen in Zweden lag en professor Waage in Stockholm woonde, het manuscript daarheen stuurde.⁴⁷ Nu vormden Noorwegen en Zweden in die dagen een unie, maar Guldberg en Waage waren wel degelijk Noren en werkten aan de Universiteit van Christiania. De Nederlandse scheikundige en redacteur van het *Chemisch Weekblad* Willem Jorissen vond dit veel later (in 1912) maar een vreemd verhaal; allereerst vanwege de geringschatting van Van 't Hoffs aardrijkskundige kennis, maar meer nog omdat een voor Waage gerichte zending, zelfs in het geval deze in Stockholm zou zijn aangekomen, toch wel naar Christiania zou zijn doorgestuurd. Hij wilde het naadje van de kous weten en vroeg Arrhenius om opheldering.

Die maakte de zaak nog ingewikkelder toen hij beweerde dat Van 't Hoff zijn manuscript eerst in Nederland aan de Akademie zou hebben aangeboden. Ook Ernst Riesenfeld, de latere zwager en biograaf van Arrhenius, vermeldt dit op 30 augustus 1910 in een brief aan zijn moeder, waarin hij uitgebreid verslag doet van een gesprek met Arrhenius.⁴⁸ Daarin zegt Arrhenius dat hij van Van 't Hoff heeft gehoord dat deze inderdaad het manuscript eerst bij de Koninklijke Akademie van Wetenschappen zou hebben ingediend. Daar zou het op advies van Van Bemmelen en een andere referent zijn afgewezen. In een brief, twee jaar later, kwam Arrhenius nogmaals op deze kwestie terug:

De Akademie gaf de verhandeling aan twee personen, van wie de ene Mulder was, om er een oordeel over te vellen. De twee konden niet garanderen dat de opvattingen van Van 't Hoff juist waren, en zo kreeg hij het manuscript terug.⁴⁹

Toen Jorissen in 1912 meer over deze kwestie wilde weten, heeft hij Mulder hierover geschreven. Deze liet echter weten dat hij nooit deel had uitgemaakt van een commissie, 'om over een verhandeling van Van 't Hoff te adviseeren. Hij herinnert zich ook niets van een zoodanige commissie en, zegt hij, het is bijkans onmogelijk dat mijn geheugen daarin zou kunnen falen.⁵⁰ In de archieven van de Akademie zijn alle ingekomen *Verhandelingen* vermeld en is elk (via een formeel verzoek per brief) aan een of meer Akademieleden voorgelegd ter beoordeling.⁵¹ Er is in deze correspondentie geen enkel spoor te vinden van een artikel dat Van 't Hoff zou hebben ingediend.

Ook Cohen heeft Van 't Hoff per brief naar deze kwestie gevraagd, waarop hij antwoordde:

Dat is mij reeds dikwijls gevraagd: [...] ter publ. in de Ned[erlandse] Ak[ademie] was voor mij geen bijzondere aanleiding, omdat deze corporatie, met haar sterk anti-Duitsch karakter, mij weinig sympathiek was; ter publicatie in de Zw[eedse] Ak[ademie] was er bovendien een bijzondere aanleiding, doordat Petersson de smeltwarmte van $C_2H_4Br_2$ voor mij bepaald had en ook juist Arrhenius daarin had geschreven.⁵²

Dit wordt bevestigd door een brief die Van 't Hoff in augustus 1885 aan Arrhenius stuurde:

Ik heb een notitie opgesteld waarvan ik het manuscript aan meneer O. Pettersson in Stockholm heb gestuurd, omdat die aansluit bij twee andere artikelen die ik hem tegelijkertijd stuurde. Misschien kunnen deze drie samen in een of ander Zweeds tijdschrift gepubliceerd worden; dat wens ik van harte omdat de inhoud ervan in nauw verband staat met

Zweedse studies van de heren Guldberg en Waage, van meneer Pettersson en van u zelf.⁵³

Van 't Hoff verkeerde dus wel degelijk in de veronderstelling dat Guldberg en Waage Zweden waren.

Hoe dan ook, zijn manuscript belandde op het bureau van Otto Pettersson. Omdat die zelf geen lid was van de Akademie stuurde hij het door naar Arrhenius' begeleider Eric Edlund en naar de meteoroloog Robert Rubenson. Die werden daar volgens Arrhenius nogal door in verlegenheid gebracht:

omdat ze vermoedden dat de verhandeling door een andere Akademie was afgewezen en zij er zelf zo goed als niets van begrepen. Gelukkig vroegen ze mij en vermoedelijk ook professor Pettersson naar Van 't Hoff's wetenschappelijke status [...] en wij gaven de heren referenten aan dat het voor de Akademie een buitengewone eer zou zijn een langere studie van Van 't Hoff te mogen publiceren.⁵⁴

Het volledige artikel (in drie delen) werd op 14 oktober 1885 formeel voorgelegd aan de Zweedse Akademie. Het zou vervolgens nog bijna een jaar duren voor het verscheen omdat de secretaris van de Zweedse Akademie van mening was dat er geen noodzaak bestond om werk van buitenlanders in de *Handlingar* (Handelingen) te publiceren.⁵⁵ Uiteindelijk werd het toch daarin opgenomen (in de jaargang 1886), hetgeen een officiële erkenning betekende; de meeste aan de Akademie aangeboden artikelen verschenen namelijk als *Öfversigt of Bihang*, hetgeen als minder eervol werd beschouwd.⁵⁶

Toen Van 't Hoff zijn artikel opstuurde naar de Zweedse Akademie, was hij net, na drie eerdere vergeefse pogingen, benoemd tot lid van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Zijn voordracht was deze keer niet afkomstig geweest van zijn collega Gunning, maar berustte op een zeer lovende bespreking van zijn *Études* van de hand van Van Bemmelen, een van de twee Leidse hoogleraren scheikunde, en was medeondertekend door Oudemans en Buys Ballot. Hoe belangrijk Van Bemmelen de *Études* wel niet vond, blijkt niet alleen uit de uitgebreide aantekeningen die hij er zelf bij maakte, en die duidelijk maken dat hij het boek zeer nauwgezet had bestudeerd, maar vooral uit het verslag van een bijeenkomst die hij in december 1884 belegde samen met de Amsterdamse hoogleraar wiskunde D.J. Korteweg.⁵⁷ Van Bemmelen had hem gevraagd om het verband tussen de evenwichtsconstante en de reactiewarmte, dat Van 't Hoff in zijn *Études* zonder enige afleiding of toelichting had gegeven, voor hem af te leiden. Dat deed Korteweg, gebruikmakend van de analogie met een fysische faseovergang, een onderwerp waarin hij door zijn samenwerking met Van der Waals uitstekend thuis was. Uit de voordracht die Van Bemmelen voor de Akademie over Van 't Hoff opstelde, wordt

duidelijk hoezeer hij onder de indruk moet zijn geweest van Van 't Hoff's inzichten. Hij beëindigde zijn verhaal aldus:

Van een chemicus die over zooveel physische kennis kan beschikken, deze vruchtbaar weet te maken aan het chemisch onderzoek, en nieuwe wegen weet aan te wijzen voor de studie van de leer van het chemisch evenwicht, mogen wij bij voortgezette werkzaamheid meer verwachten.⁵⁸

Op de eerstvolgende vergadering werd Van 't Hoff met grote meerderheid toegelaten op de kandidatenlijst om op 24 april 1885 (eindelijk) te worden gekozen.⁵⁹

Van 't Hoff zou geen erg actief lid blijken te zijn. Tussen 1885 en 1896, het jaar dat hij afscheid nam van Amsterdam en tot corresponderend lid werd benoemd, woonde hij maar ongeveer de helft van de maandelijkse vergaderingen op zaterdagavond bij.⁶⁰ Dat had alles te maken met de bijeenkomsten van de Suikercommissie die ook op zaterdag plaatsvonden en die hem jaarlijks 1000 gulden opleverden.⁶¹ In een brief aan Van Bemmelen geeft Van 't Hoff dit ook toe: 'Ik weet echter niet of ik Zaterdag aanstaande ter vergadering zijn zal; gewoonlijk vallen op dien dag andere voor mij meer dringende bezigheden.'⁶² Verder deed hij in die tien jaar ook maar twee keer (kort) verslag over zijn eigen onderzoek: een keer over de vorming van het dubbelzout *astrakaniet*⁶³ en een keer over de oxidatie van fosfor en zwavel.⁶⁴ Helemaal bont maakte hij het in de ogen van zijn collega's als lid van de Limnoria-commissie. Die was in het leven geroepen om de minister van advies te dienen over de schadelijke effecten van de paalworm (*Limnoria lignorum*), die in Frankrijk borstweringen aan de kust aantastte. Van 't Hoff werd nog wel genoemd als een van de auteurs van een tussentijds verslag,⁶⁵ maar toen de voorzitter van de commissie, Hubrecht, op 25 juni 1892 zijn eindrapport indiende, deelde hij mede dat 'vóór weinige maanden ons medelid Van 't Hoff zijn voornemen heeft kenbaar gemaakt, en niettegenstaande ons aandringen ook heeft uitgevoerd, om uit de Limnoria-commissie ontslag te nemen.'⁶⁶ Van 't Hoff was een van de weinige leden van de Akademie die weigerden mee te werken aan dit soort onderzoekingen bijvoorbeeld over bliksemafleiders op rijksgebouwen of de gehorigheid van gevangenissen. Ze hadden vrijwel geen enkele wetenschappelijke betekenis, en dienden uitsluitend ter advies aan de regering, die er ook nog eens lang niet altijd iets mee deed.⁶⁷

Het driemanschap krijgt vorm

In Amsterdam was Van 't Hoff intussen doorgestaan met zijn experimenten aan chemische evenwichten. In samenwerking met Schwab en Reicher had hij aangetoond dat hiervoor dezelfde thermodynamische regels golden als voor fysische evenwichten. Samen met een nieuwe assistent, Charles van Deventer, toonde hij in juli 1885 aan dat ook bij chemische evenwichten een kritisch

punt optrad. In de fysica is zo'n kritisch punt een unieke toestand, gekenmerkt door één temperatuur, druk en volume, waarbij een vloeistof en de bijbehorende damp niet meer van elkaar te onderscheiden zijn. Van 't Hoff en Van Deventer gingen op zoek naar zo'n kritisch punt voor vaste of vloeibare verbindingen die bij verhitting in verschillende kleinere, gasvormige moleculen uiteenvallen. De 'damp' die bij verhitting ontstaat is dan niet het gevolg van een faseverandering, maar van een chemische reactie. Een voorbeeld daarvan is het uiteenvallen van NH_4HS in NH_3 en H_2S . Een dikwandig, glazen buisje werd voor de helft met deze heldergele vloeistof gevuld, dichtgesmolten en verhit. Maar wat ze ook probeerden, telkens explodeerde het buisje voordat het kritisch punt werd bereikt. En dat gebeurde ook met drie andere verbindingen. Pas toen ze chloorfosfonium (PH_4Cl , dat uiteenvalt in PH_3 en HCl) in een afgesloten buisje gingen verhitten, konden ze een kritisch punt vaststellen: bij 50 graden Celsius waren vloeistof en damp niet meer van elkaar te onderscheiden.⁶⁸ Ook voerde Van 't Hoff, opnieuw samen met Van Deventer, nog een drietal chemische evenwichten ten tonele, die net als zwavel werden gekenmerkt door een overgangstemperatuur.⁶⁹ Een daarvan was de vorming en ontleding van het mineraal *astrakaniet*, een dubbelzout ($\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, dat uiteenvalt in natriumsulfaat en magnesiumsulfaat). Omdat Van 't Hoff vermoedde dat deze reactie een rol zou kunnen spelen bij de industriële winning van mineralen, nam hij contact op met de directeur van de zoutfabrieken in Stassfurt om te informeren naar diens ervaringen. Die had zeker belangstelling in wat Van 't Hoff en Van Deventer hadden gevonden, maar kon tot zijn spijt:

wat het astrakaniet aangaat geen verdere meldingen doen, omdat ik daardoor in zou moeten gaan op onderdelen van ons fabricageproces, waarvan openbaring mij niet opportuun voorkomt.⁷⁰

Het contact met de zoutindustrie zou pas aangehaald worden, nadat Van 't Hoff naar Berlijn was vertrokken en daar een uitgebreid onderzoeksprogramma had gestart naar de vorming van geologische zoutlagen. Ten slotte wees Van 't Hoff in het tijdschrift van de Franse Académie des Sciences nog maar eens ten overvloede op Reichers zwavelmetingen, nadat een Franse scheikundige met bijna identieke resultaten was gekomen en claimde dit als eerste te hebben ontdekt.⁷¹ Zo bouwde hij gestaag verder aan zijn reputatie en het grondvesten van zijn theorie.

De doorbraak kwam nadat hij contact had gelegd met Arrhenius. We zagen eerder dat deze hem in juni 1884 zijn proefschrift had toegestuurd, maar dat Van 't Hoff daar niet direct op had gereageerd. Pas nadat hij zijn artikel voor de *Handlingar* had afgemaakt en ingediend, ging er een brief naar Arrhenius, die – nog net op tijd – in augustus 1885, vlak voor Arrhenius' vertrek

naar Duitsland arriveerde.⁷² Geheel in stijl met zijn twee laatste artikelen was deze in het Frans gesteld.⁷³ De brief was erg formeel en de inhoud had een voornamelijk wetenschappelijk karakter. Na eerst te hebben bedankt voor het toesturen van zijn proefschrift en voor Arrhenius' lovende bespreking van zijn *Études*, kwam Van 't Hoff ter zake. De metingen en conclusies van Arrhenius waren 'bijzonder interessant', maar hij zei niet te geloven dat uitsluitend de geleidbaarheid van een oplossing de ligging van het evenwicht bepaalde. Volgens hem was dat namelijk de elektromotorische kracht van de galvanische cel ('de bronspanning van een batterij'). Om dat te illustreren, wijdde hij de rest van zijn brief (vijf kantjes) aan wat hij hierover had opgeschreven in zijn recente artikel, dat Arrhenius nog niet had kunnen inzien. Na deze brief trad er opnieuw een lange radiostilte in tussen deze twee chemici. Arrhenius zou later schrijven dat hij alvorens te reageren kennis wilde nemen van Van 't Hoffs artikelen. Maar toen hij daarvoor bij Pettersson in Stockholm langsging, hoorde hij dat deze het manuscript al had doorgestuurd. Hij was te laat. En aangezien de *Archives Néerlandaises* niet beschikbaar was in Zweden, moest hij dus wachten totdat de *Handlingar* verschenen met daarin Van 't Hoffs artikel.⁷⁴ Dat gebeurde weliswaar in de loop van 1886, maar toen had Arrhenius Zweden alweer verlaten om in Riga bij Ostwald te gaan werken, waar hij geen toegang meer had tot de *Handlingar*.

In Riga bleek eens te meer hoe zeer hij en Ostwald elkaar lagen. De twee werkten zij aan zij en niet alleen aan experimenten. Arrhenius had zijn eigen apparatuur uit Uppsala meegenomen om geleidbaarheidsmetingen te kunnen doen, maar gaf al snel de voorkeur aan de opstelling van Ostwald. Hoewel hij aan tal van verbindingen bij allerlei concentraties en in allerlei combinaties metingen deed, leverde het niet veel nieuwe inzichten op. Verder hielp hij Ostwald met het samenstellen en redigeren van het tweede deel van diens *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, waarvan het eerste deel in 1885 was verschenen.⁷⁵ Zo kon hij er in elk geval voor zorgen dat zijn elektrolyttheorie de aandacht kreeg die deze verdiende. Hoewel we eerder zagen dat Ostwald weliswaar bewondering had voor het werk van Van 't Hoff, maar daar ook kritiek op had uitgeoefend, nam hij toch met veel instemming Van 't Hoffs beschouwingen over de analogie tussen gassen en oplossingen in zijn boek over.

Na een aantal maanden in Riga te hebben doorgebracht, trok Arrhenius in oktober 1886 verder naar het laboratorium van de fysicus Friedrich Kohlrausch in Würzburg. Waar hij het met Ostwald uitstekend kon vinden, liep de samenwerking met Kohlrausch veel stroever. Kohlrausch was erg formeel, hij stuurde zijn studenten streng aan en werd door hen op een voetstuk geplaatst.⁷⁶ Ook wat zijn onderzoek betreft had hij een totaal andere insteek dan Arrhenius. Hij was er meer op gebrand experimentele methoden te verbeteren en zo steeds nauwkeuriger metingen te kunnen doen, dan dat



De Zweedse chemicus Svante Arrhenius (1859-1927), met wie Van 't Hoff nauw samenwerkte en met wie hij zijn leven lang bevriend zou blijven.

hij inzicht wilde verkrijgen in wat zich op moleculair niveau écht afspeelt. Zoals Arrhenius schreef aan Ostwald: 'Hij heeft een wat al te grote voorliefde voor nauwkeurig afgeronde getallen.'⁷⁷ Kohlrausch was er ook op tegen dat Arrhenius geleidbaarheidsmetingen aan oplossingen deed; dat beschouwde hij als zijn eigen terrein. Hij suggereerde hem daarom te kijken naar de omstandigheden waaronder gassen geleidend worden, bijvoorbeeld onder invloed van licht. Het was bekend dat sommige reacties sneller verliepen als er (ultraviolet) licht werd gebruikt, iets wat Van 't Hoff in zijn *Études* ook aangestipt had. Blijkbaar was licht ook in staat 'actieve' moleculen te vormen en Arrhenius zag een mogelijk verband met de actieve componenten in oplossing die aan de geleidbaarheid bijdroegen. Hoewel hij er later nog wel een aantal publicaties aan wijdde, was zijn onderzoek op dit terrein meer een exercitie in het verzamelen van data dan dat het hem tot veel inzicht bracht.⁷⁸ Intussen werkte hij wel aan zijn contacten. Zo reisde hij veel rond in Duitsland, bezocht bijeenkomsten en sloot vriendschap met een jonge Duitse chemicus Walther Nernst, die eerst bij Boltzmann in Graz in Oostenrijk gestudeerd had en nu bij Kohlrausch in Würzburg kwam werken aan zijn *Habilitation*.⁷⁹ Ten slotte legde hij contact met twee Engelse onderzoekers, de natuurkundige Oliver Lodge en de scheikundige Henry Armstrong, die veel belangstelling hadden voor elektrolyse en met wie hij in de jaren daarna nog talloze malen de degen zou kruisen.

En toen viel half februari 1887 opnieuw een brief uit Amsterdam op de mat. De inhoud daarvan is helaas onbekend, maar zeker is wel dat Van 't Hoff een overdrukje meestuurde van zijn *Handlingar*-artikel. Eindelijk kreeg Arrhenius daarmee zicht op datgene waar Van 't Hoff de voorgaande anderhalf jaar mee bezig was geweest: 'Ik verslond ze nog diezelfde avond in één keer nadat ik van mijn werk in het laboratorium was teruggekomen.'⁸⁰ Later schreef hij over deze periode:

Als Edlund mij toentertijd de studie van Van 't Hoff te lezen zou hebben gegeven, [...] dan had ik veel sneller alles begrepen. Ze vertelden me er echter weinig over en ik heb de studie pas veel later gelezen, omdat het drukken ervan erg traag ging.⁸¹

In de daaropvolgende dagen besteedde hij er ieder vrij uurtje aan en liet hij Ostwald weten er diep van onder de indruk te zijn: 'De elegantie van de verbanden is werkelijk bepaald verbazingwekkend.'⁸² Nernst herinnerde zich later hoe Arrhenius hem op de avond dat ze samen naar Graz zouden vertrekken lang liet wachten, omdat hij nog een belangrijke brief aan Van 't Hoff af moest maken.⁸³ Uit die brief blijkt dat Arrhenius onmiddellijk de consequenties van Van 't Hoff's artikel had ingezien: 'Het artikel heeft mij op een ongehoorde wijze helderheid verschaft over de constitutie van oplossingen.'⁸⁴ Arrhenius wist namelijk opeens waar Van 't Hoff's i-waarden uit voortkwamen: zouten, zuren en basen vallen in water uiteen in ionen met tegengestelde ladingen. In zijn proefschrift had hij nog aangenomen dat dit soort elektrolyten in oplossing uitsluitend onder invloed van een elektrische stroom een complex met water aangaan. Zo zouden ze 'geactiveerd' worden en kunnen gaan bijdragen aan de geleiding. Nu zag hij in dat

als bijvoorbeeld natriumchloride zich normaal zou gedragen, dat wil zeggen uit afzonderlijke moleculen zou bestaan, dan zou de coëfficiënt i ervan gelijk zijn aan 1. Omdat i echter veel groter is, ligt het voor de hand dit te verklaren door te zeggen dat NaCl deels gedissocieerd is, net als naar men zegt bij hogere temperatuur I_2 gedissocieerd is.⁸⁵

Natrium en chloor konden zich in oplossing volkomen vrij als aparte deeltjes gedragen.⁸⁶ Wanneer je dus keukenzout oploste in water leidde dat tot twee keer zoveel deeltjes als tot dan toe was aangenomen, en dat was ook de reden dat de vriespuntsverlaging of osmotische druk van zoutoplossingen zoveel hoger was. Immers, naarmate een zout uit meer deeltjes bestond, was ook de bijbehorende waarde voor i hoger: voor NaCl lag deze tussen een en twee, terwijl voor $CaCl_2$, dat uit drie deeltjes bestaat, de i -waarde tussen twee en drie lag. 'Wat ik in mijn proefschrift "actieve moleculen" noemde, zijn dus

eigenlijk gedissocieerde moleculen! [...] Naar alle waarschijnlijkheid zijn bij uiterste verdunning alle elektrolyten volledig gesplitst.⁸⁷

Dissociatie!

Het artikel van Van 't Hoff had Arrhenius de ogen geopend. Het enthousiasme spat werkelijk van het briefpapier: hij moet hebben gevoeld dat hij voor een doorbraak stond. En terecht, want de dissociatiehypothese zou hem een Nobelprijs opleveren. Er was alleen nog wel veel te doen. Allereerst wilde hij uit zijn eigen geleidbaarheidsmetingen i -waarden berekenen, om die met de waarden van Van 't Hoff te vergelijken. Ook had hij zich voorgenomen om aan de hand van de originele artikelen van Raoult Van 't Hoff's berekeningen nog eens te controleren. Maar daar had hij nauwelijks tijd voor. De volgende dag zou hij met Nernst naar Graz afreizen om daar een aantal maanden bij Boltzmann te gaan werken. Daarna wilde hij in Zweden nog wat experimenten afmaken en een verzoek indienen bij de Zweedse Akademie om zijn programma te wijzigen en begin 1888 naar Amsterdam te gaan om daar voor langere tijd bij Van 't Hoff te werken. Het zou fantastisch zijn als ze erin zouden slagen om Van 't Hoff's theorie te koppelen aan de uitkomsten van zijn eigen snelle en simpele experimenten.

De grote vraag die Arrhenius' reactie oproept, is waarom Van 't Hoff niet zelf op het idee was gekomen dat elektrolyten in water (deels) gesplitst zijn. Anderhalf jaar lang had hij daartoe als enige ter wereld alle data tot zijn beschikking gehad, de metingen van Arrhenius, Pfeffer, De Vries, Raoult en anderen. Had zijn chemische intuïtie hem hier in de steek gelaten? Niet helemaal. Hij beschikte namelijk maar over een zeer beperkt aantal resultaten van de geleidbaarheidsmetingen van Arrhenius en de daaruit berekende activiteitscoëfficiënten. Arrhenius had in zijn proefschrift maar een tiental metingen gepubliceerd, en geen van allen waren dat verbindingen die in de lijst met i -waarden van Van 't Hoff voorkwamen. Arrhenius daarentegen had door zijn verblijf bij Ostwald ook nog eens de beschikking over diens meetgegevens aan tientallen additionele verbindingen. Omgekeerd had Van 't Hoff's artikel Arrhenius toegang gegeven tot de metingen van Raoult, Pfeffer, De Vries en anderen, waar hij tot dan toe onwetend over was geweest.

Bovendien sprak veel tégen de dissociatiehypothese. Arrhenius zelf wijst hier al op in zijn brief. Dat keukenzout in water uiteenvalt is 'een aanname die men vroeger toch als zeer gewaagd zou beschouwen.'⁸⁸ Dat is ook wat Van 't Hoff een week later – de briefwisseling tussen de twee was nu eindelijk op gang gekomen – in zijn antwoord aanvoerde: volgens de Clausius-Williamson-hypothese zou maar een klein gedeelte van de elektrolyten gesplitst moeten zijn; daarmee kon de toename in i -waarden niet worden verklaard. Hij gaf echter toe dat hij zelf nog zoekende was, en alleen maar direct had gereageerd om zo snel mogelijk zijn belangstelling voor Arrhenius 'vruchtbare

ideeën' tot uitdrukking te brengen.⁸⁹ Ook Arrhenius ging in zijn antwoord dieper in op de (on)waarschijnlijkheid van de dissociatiehypothese:

Toen ik mijn artikel over het geleidingsvermogen schreef, leek het me het slimste om niet al te veel nadruk te leggen op deze gevolgtrekking (de volledige splitsing), want ik was en ben er nog steeds vast van overtuigd dat de meesten (en misschien wel iedereen) daar direct uit geconcludeerd zouden hebben dat die gevolgtrekking volkomen verkeerd was, dat dus ook de premissen verkeerd waren en dat het allemaal geen enkele waarde had.⁹⁰

Hij vertelde verder dat hij zijn bevindingen met Emil Fischer had gedeeld, die toen ook in Würzburg werkte, en die had alles weliswaar vriendelijk aan-gehoord, maar ook aangegeven dat de meeste scheikundigen zich zouden verzetten tegen zo'n vergaande splitsing.⁹¹

Ook Ostwald wilde er aanvankelijk niet aan. Volgens Arrhenius had die 'zich al een keer in zeer scherpe bewoordingen uitgesproken tegen de dissociatie van zouten in oplossing'.⁹² Hij 'begreep me niet. Ik moet het allemaal wat te snel hebben opgeschreven'.⁹³ In zijn autobiografie schrijft Ostwald echter dat hij zelf:

geen moment had getwijfeld. Ik was al eerder met dit principe vertrouwd geraakt uit privémededelingen; het viel samen met mijn eigen ideeën hierover die ik tien jaar daarvoor had opgevat, maar niet had uitgewerkt. In mijn dissertatie uit 1877 luidt de derde stelling al dat water alle zouten ontleedt.⁹⁴

Ostwald deed hiermee de werkelijkheid enigszins geweld aan. Met de stelling in zijn proefschrift bedoelde hij dat zouten in water in hun 'moleculen' uiteenvallen. Maar dat ze zich in water splitsen in geladen deeltjes (ionen), iets waarvan Arrhenius op dat moment inmiddels volledig overtuigd was geraakt, was iets zó radicaal anders dat zó tegen de algemeen geaccepteerde denkbeelden inging – de aantrekking tussen tegengestelde ladingen was immers de sterkst bekende natuurkracht – dat het ook voor Ostwald een stap te ver moet zijn geweest, zeker tien jaar eerder. We zullen zo zien dat hij toch binnen een paar maanden Arrhenius' denkbeelden zou omarmen.

Half april had Arrhenius eindelijk zijn berekeningen af en stuurde hij Van 't Hoff de uitkomsten. Hij had voor zo'n negentig (!) verbindingen – veel meer dan Van 't Hoff in zijn artikelen – de *i*-waarden berekend op basis van de metingen aan de vriespuntsverlaging van Raoult, zijn eigen geleidbaarheidsmetingen en die van Ostwald en Kohlrausch. Opvallend is dat de waarden die Van 't Hoff had berekend op basis van de osmotische druk ontbraken.⁹⁵

En dat is vreemd, want dat waren wel de getallen die hem op het spoor hadden gezet. Bovendien had hij daarmee zijn conclusies nog overtuigender kunnen maken, net zoals Van 't Hoff niet minder dan vier verschillende soorten metingen had gebruikt om zijn *i*-waarden te bepalen. Maar dat deed Arrhenius niet. Hij nam uitsluitend die verbindingen op waarvoor hij geleidbaarheidsmetingen ter beschikking had. In zijn antwoord kwam Van 't Hoff hier een paar dagen later dan ook fijntjes op terug: 'Ter aanvulling op uw literatuurkennis stuur ik hierbij de artikelen van De Vries en Donders.'⁹⁶ Die leverden namelijk *i*-waarden op tot aan 3,5, terwijl Arrhenius niet hoger dan 2,5 ging, hetgeen een nog sterker argument zou zijn geweest voor de juistheid van de theorie. Maar Arrhenius was daar niet geheel van overtuigd. De *i*-waarden die volgden uit de metingen van De Vries weken in sommige gevallen te veel af van die op basis van Raoult, wat voor hem reden was om ze te negeren.⁹⁷

Ondanks de afwijzende reactie van sommige vakgenoten, besloot Arrhenius om zijn resultaten te publiceren. Hij deed dat allereerst in een brief aan Oliver Lodge van 3 mei 1887: 'Ik kan medelen dat ik een manier gevonden heb om het dissociatiegedrag en de activiteitscoëfficiënt van een stof te bepalen.'⁹⁸ Refererend aan de 'buitengewoon ingenieuze verhandeling' van Van 't Hoff over de osmotische druk en de experimentele bevestiging aan de hand van de resultaten van Raoult, stelde Arrhenius dat sommige verbindingen afwijkingen vertoonden. De verklaring daarvoor zou zijn dat die verbindingen in water gedissocieerd zijn, een conclusie die hij ook al in zijn proefschrift had getrokken. Vervolgens presenteerde hij dezelfde tabel met de negentig verbindingen die hij aan Van 't Hoff had gestuurd, de hoop uitsprekend dat deze 'door u [Lodge] beschouwd zal worden als zijnde rijp voor discussie'.⁹⁹ Diezelfde boodschap was terug te vinden in een artikel dat hij in juni schreef voor de Zweedse Akademie van Wetenschappen, waarmee hij een lange neus trok naar zijn Zweedse collega's.¹⁰⁰ In al die publicaties noemde Arrhenius de osmotische druk nog wel, maar trok vervolgens de discussie via de metingen van Raoult door naar zijn eigen geleidbaarheidsmetingen en conclusies die hij daar 'al in 1883' uit had getrokken. Ook toen hij veel later in lezingen en artikelen terugkwam op het ontstaan van zijn theorie der oplossingen liet hij stevast de osmotische druk weg.¹⁰¹

Volgens Root-Bernstein hebben Arrhenius' nadruk op het belang van zijn eigen geleidbaarheidsmetingen en Ostwalds claim dat hij al jaren eerder de dissociatiehypothese had geaccepteerd, een gemeenschappelijke oorzaak. Ostwald en Arrhenius wilden de prioriteit van de laatste als ontdekker van de dissociatiehypothese zeker stellen door de indruk te doen postvatten dat Arrhenius al in zijn proefschrift uit 1883 dissociatie *in ionen* had gepostuleerd. Er had zich begin 1887 namelijk *nóg* iemand gemeld die net als Arrhenius tot de conclusie was gekomen dat zouten in water gedissocieerd zijn: Max Planck, de latere vader van de quantumhypothese.¹⁰² Planck had voor zijn proefschrift

de Tweede Hoofdwet bij de kop genomen en het concept entropie dieper en breder uitgewerkt. Zo was hij in het begin van de jaren tachtig begonnen om evenwichten en faseveranderingen volgens de wetten van de thermodynamica te beschrijven, om er later achter te komen dat veel van zijn werk zonder dat hij dat wist al door Gibbs was gepubliceerd.¹⁰³ Daarom richtte hij vanaf 1886 zijn aandacht op de toepassing van de thermodynamica in de chemie. Zo kwam hij op hetzelfde pad terecht als Van 't Hoff. Waar de laatste in zijn *Études* een chemisch evenwicht had beschreven als een balans tussen tegen-gestelde reacties, deed Planck dat in termen van entropie, puur theoretisch, zonder enige link te leggen met de experimentele werkelijkheid. In twee artikelen, die allebei begin 1887 verschenen, was hij tot soortgelijke conclusies gekomen als Van 't Hoff, bijvoorbeeld over de validiteit van het principe van maximale arbeid van Berthelot.¹⁰⁴



De Duitse natuurkundige Max Planck (1858-1947) ontwikkelde vanaf 1886 de thermodynamica van het chemisch evenwicht.

In mei 1887 nam Planck contact op met Ostwald, wiens tweede deel van het *Lehrbuch* net was verschenen. Planck was erachter gekomen dat er nog altijd geen goede thermodynamische beschrijving van de chemische affiniteit bestond en hij wilde van Ostwald meer weten over wat er op dat gebied allemaal was gedaan. Ostwald wees hem op het werk van Guldberg en Waage, van Horstmann, en natuurlijk op het artikel van Van 't Hoff in de *Handlingar*, waarvan Planck tot dan toe blijkbaar onkundig was geweest: Planck toog vervolgens aan het werk en zag al snel de juistheid en het belang van Van 't Hoff's werk in.

Het was hem alleen een doorn in het oog dat Van 't Hoff een *i*-waarde had ingevoerd om zijn theorie in overeenstemming te brengen met de experimenteel gevonden resultaten: hij vond dat weinig elegant, omdat zo'n *i*-waarde niet op een natuurlijke manier volgde uit de toepassing van de thermodynamica. Planck zag in zijn eigen formules wél zo'n 'natuurlijke' oplossing waarmee hij de gemeten afwijkingen voor zoutoplossingen kon verklaren. Daartoe nam hij aan dat:

de zoutmoleculen in oplossing niet diegenen zijn die men in het algemeen als zodanig beschouwt, maar dat het zout in de oplossing een chemische verandering heeft ondergaan.¹⁰⁵

En een pagina verder in hetzelfde artikel kwam Planck tot de conclusie dat er bij een zout in oplossing 'een groter aantal moleculen is dan gewoonlijk wordt aangenomen'.¹⁰⁶ Simpelweg op basis van zijn formules en zonder ook maar enige aandacht te schenken aan de chemische consequenties van die gevolgtrekking: 'Zijn theorie stond als een monument van logica en reductionisme, niet als een voorstelling van de Natuur.'¹⁰⁷ Zijn artikel verscheen in juli 1887 in de *Annalen*. Ook bracht hij rond deze tijd Ostwald op de hoogte van zijn bevindingen, waardoor hij deze wist te overtuigen van de juistheid van de dissociatiehypothese. Dat valt op te maken uit een passage uit een brief van Arrhenius aan Van 't Hoff van 12 juli 1887:

Tijdens een onlangs gehouden gesprek met Ostwald, die hier een paar dagen op doorreis was, was ik verheugd te horen dat hij het helemaal eens is met mijn verklaringen van de variabele *i*-waarden, wat ik niet vermoed had op basis van zijn eerdere uitlatingen tegenover mij.¹⁰⁸

Van 't Hoff had inmiddels de uitkomsten van zijn onderzoeken van de laatste jaren uiteengezet in een artikel dat in oktober in het net opgerichte *Zeitschrift für physikalische Chemie* verscheen.¹⁰⁹ Hoewel het grotendeels overeenkwam met zijn drie in 1885 verschenen *Handlingar*-artikelen, wees hij er nog eens op dat voor tal van oplossingen van elektrolyten afwijkingen waren gevonden, die erop wezen dat zich méér deeltjes in oplossing bevonden dan je op basis van de molecuulformule zou verwachten, terwijl toch 'dissociatie [van die verbindingen] niet echt voor de hand lag'.¹¹⁰ Hij gaf toe wat dit laatste betreft volledig af te gaan op Arrhenius, die hem erop had gewezen dat het zich bij zouten en soortgelijke verbindingen om een splitsing in ionen handelde.

Met het verschijnen van Van 't Hoff's artikel werd ook Planck voor het eerst geconfronteerd met de ideeën van Arrhenius over de dissociatie van zouten. Arrhenius had deze immers tot dan toe alleen gepubliceerd in een brief aan Oliver Lodge en in het in juni verschenen artikel in de Zweedse

Handlingar,¹¹¹ een tijdschrift dat buiten Zweden niet algemeen beschikbaar was, zo Planck het Zweeds al had kunnen lezen. Nu Van 't Hoff zo nadrukkelijk verwees naar de dissociatiehypothese van Arrhenius, leek het Planck goed om wellicht ten overvloede zijn eigen conclusies, die hij nota bene net drie maanden daarvoor had gepubliceerd, nog eens over het voetlicht te brengen en andermaal te onderstrepen dat ook zijn theorie uitwees dat elektrolyten in oplossing zich anders gedroegen dan gewone verbindingen. Opnieuw deed hij geen enkele poging om te beschrijven wat er precies gebeurde wanneer een zout in water oplost. Zijn visie van dit probleem bleef puur theoretisch, terwijl Arrhenius juist sterk de nadruk had gelegd op de praktische consequenties van zijn hypothese, namelijk dat elektrolyten in water in *geladen* deeltjes uiteenvallen. Plancks artikel verscheen in de laatste uitgave van het *Zeitschrift* van dat jaar op 27 december 1887,¹¹² en werd zelfs nog vóór het artikel geplaatst waarin Arrhenius zijn bevindingen over de dissociatie van zouten in ionen uitgebreid uiteenzette.¹¹³

In zijn artikel ging Planck direct al in de eerste paragraaf de mist in, waar hij beweerde dat de vraag waarom het gedrag van elektrolyten in oplossingen afwijkingen vertoonde een nog volledig open kwestie zou zijn. In zijn hoedanigheid als redacteur van het *Zeitschrift* plaatste Ostwald hier een voetnoot bij, die verwees naar het twee maanden daarvoor verschenen artikel van Van 't Hoff, waarna Planck zich in een eigen voetnoot verdedigde, dat hij het artikel van Van 't Hoff pas ná inzending van zijn eigen artikel in handen had gekregen.¹¹⁴ Voor Van 't Hoff was de zaak hiermee afgedaan, maar Planck en Arrhenius zouden in de jaren hierna enkele keren flink botsen over de prioriteit van de ontdekking van de dissociatie, bijvoorbeeld toen Planck zijn eigen afleiding van de dissociatiehypothese superieur noemde, terwijl die van Arrhenius 'nog geen aanspraak mocht maken op de term volledig geldig bewijs'.¹¹⁵ Drie jaar later was het opnieuw raak, toen Planck in een lezing op de bijeenkomst van de Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in september 1891 uitgebreid inging op zijn eigen theoretische afleiding en vervolgens het artikel waarin Arrhenius 'voor de eerste keer' zijn dissociatiehypothese presenteerde als 'bijna gelijktijdig' aan het zijne beschreef.¹¹⁶ Arrhenius reageerde als door een wesp gestoken,¹¹⁷ maar feitelijk viel Planck niet méér te verwijten dan dat hij niet had verwezen naar de eerder verschenen artikelen van Arrhenius.¹¹⁸

Maar dat is maar één voorbeeld van de schermutselingen en discussies waarin het driemanschap Arrhenius, Ostwald en Van 't Hoff terecht zou komen. Zij hadden eind 1887 hun posities ingenomen. En nu moesten ze, zoals Van 't Hoff aan Ostwald schreef, alle steun die ze krijgen konden aanpakken om 'alles op zijn kop te zetten [...] God zij onze zielen genadig'.¹¹⁹ Met name Engelse chemici vormden het andere kamp. Zij konden niet accepteren dat elektrolyten in water uiteenvielen en verschansten zich achter een alternatieve

theorie: bij het oplossen van elektrolyten in water zouden niet nader beschreven complexen worden gevormd die de geleiding, vriespuntsverlaging en osmotische druk bepaalden. Maar ook uit andere hoeken kwam kritiek. Hoe het ‘wilde leger der Ioniërs’¹²⁰ die pareerde en uiteindelijk de wetenschappelijke wereld voor zijn denkbeelden wist te winnen, zullen we nog gaan zien.

9

Niet naar Leipzig

De eer der groote onderscheiding gun ik U van harte als uw verdienste,
maar ik gun U niet aan Leipzig. – Th. Place¹

Internationale wetenschap

Vrijdagochtend, 30 september 1887. Gebouw der Maatschappij van den Werkenden Stand in Amsterdam. Om tien uur precies opende de Amsterdamse fysioloog Barend Joseph Stokvis de eerste algemene vergadering van het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, de eerste landelijke vereniging van natuuronderzoekers. Als voorbeeld hadden de bijeenkomsten van de Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte en de British Association for the Advancement of Science gediend. In zijn openingsrede, getiteld ‘Nationaliteit en Natuurwetenschap’, benadrukte de nieuwbakken voorzitter Stokvis het internationale karakter van de natuurwetenschap: ‘Geen menselijke wetenschap, die zich zoo volkomen wereldburgeres gevoelt als de wetenschap der natuur.’ Tegelijkertijd betoogde hij dat het nationale karakter en de nationale cultuur wel degelijk een rol speelden in de wetenschapsbeoefening:

Wetenschap [is] als de boomgaard, waarvan de sappige vruchten tot lafenis strekken der gansche menschheid; maar de vruchtboomen wortelen diep in den nationalen bodem, en de natiën zijn het, die hen [...] moeten doen gedijen.²

Stokvis schetste een spanningsveld dat aan het eind van de negentiende eeuw steeds pregnanter naar voren zou treden: een groeiend nationaal bewustzijn te midden van een zich steeds meer internationaal ontwikkelende wetenschap. Het aantal internationale congressen en verenigingen gaf een spectaculaire groei te zien en de Akademie van Wetenschappen kreeg vanuit het buitenland steeds vaker verzoeken tot deelname aan internationale projecten, bijvoorbeeld op het gebied van standaardisering.³ Met het toenemen van de status die de Nederlandse wetenschap in het buitenland genoot, nam ook de druk toe op de overheid, universiteiten en onderzoekers om er alles aan te doen dat prestige te handhaven of te vergroten. Stokvis was wat dat betreft niet optimistisch. Het aantal Nederlandse onderzoekers dat lid was van een buitenlandse Akademie achtte hij beschamend laag en onder de genieën die in de tweede helft van de negentiende eeuw een omwenteling in het denken teweegbrachten, bevond zich geen enkele Nederlander. ‘Dragen we wel genoeg zorg voor de hoog uitstekende vuurbakens? [...] Stellen we niet te veel het onderwijs boven het onderzoek? [...] Hebben we genoeg kweekplaatsen

voor natuuronderzoekers, werkplaatsen met alle hulpmiddelen voorzien?’⁴ Stokvis moet zich bij het uitspreken van deze woorden bewust zijn geweest van een positieve uitzondering, iemand die hij bovendien die ochtend in Amsterdam onder zijn gehoor wist: zijn Amsterdamse collega scheikunde Jacobus Henricus van 't Hoff. Net drie maanden daarvoor had deze namelijk een eervolle uitnodiging ontvangen om hoogleraar in de fysische chemie te worden aan de Universiteit van Leipzig. Om deze vervolgens af te wijzen...

Leipzig komt vrij

Begin 1887 kon Wilhelm Ostwald terugkijken op een succesvolle periode als hoogleraar scheikunde in Riga. De plannen voor de bouw van een nieuw laboratorium lagen klaar, hij had het scheikundeonderwijs op een meer moderne leest geschoeid, het aantal studenten was gestaag gegroeid en hij had buitenlandse onderzoekers als Arrhenius en Nernst met succes overgehaald om enige maanden in Riga onderzoek te doen.⁵ Ondanks al deze gunstige ontwikkelingen knaagde er iets. Ostwald voelde zich in Riga geïsoleerd, ver van belangrijke chemische centra als Berlijn, Leipzig en Bonn. Bovendien kwam hij door zijn groeiende onderwijstaak steeds minder toe aan wetenschappelijk onderzoek. Geen wonder dus dat hij overal zijn oor te luisteren legde of er geen posities zouden vrijvallen. Maar helaas voor hem waren er nog maar erg weinig universiteiten in Duitsland waar het nieuwe vakgebied der fysische chemie serieus werd beoefend. Eigenlijk kon alleen Gustav Wiedemann – een natuurkundige nota bene – in Leipzig zich volledig aan de fysische chemie wijden. Maar juist in Leipzig waren er veranderingen op til. Eind 1886 dwong zijn steeds slechter wordend gezichtsvermogen de oude Wilhelm Hankel zijn werk als hoogleraar natuurkunde en directeur van het Physikalisches Institut in elk geval voor de rest van dat jaar neer te leggen en het was geen wonder dat het Saksische *Kultusministerium* Wiedemann vroeg om per direct diens colleges over te nemen. Dat deed hij maar al te graag en bovendien bedong hij dat als Hankel niet meer in staat mocht zijn om op zijn positie terug te keren, hij als diens natuurlijke opvolger zou worden beschouwd.⁶ En zo geschiedde: Hankel verzocht begin februari 1887 formeel om wegens gezondheidsredenen van zijn taken te worden ontheven, waarna Wiedemann doorschoof en de universiteit per direct op zoek moest naar een nieuwe hoogleraar scheikunde. Hoe Ostwald precies lucht kreeg van deze veranderingen is onbekend, maar hij was er in elk geval als de kippen bij om via zijn uitgever, Rudolf Engelmann, die in Leipzig dicht bij het vuur zat, meer informatie in te winnen. Die liet hem weten dat er een commissie van drie was benoemd, bestaande uit Wiedemann zelf, Johannes Wislicenus, de andere hoogleraar scheikunde, en Ferdinand Zirkel, hoogleraar geologie en mineralogie. Het was alleen nog niet zeker dat de positie opnieuw door een fysisch chemicus zou worden bezet.⁷

Ostwald liet er vervolgens geen gras over groeien en stuurde op 4 april al-

vast een open sollicitatiebrief naar de filosoof Wilhelm Wundt, een prominent lid van de Philosophische Fakultät waar in Leipzig ook de scheikunde onder viel.⁸ Ostwald legde uit waarom hij graag naar Leipzig zou komen, schetste zijn cv en wilde vooral weten of hij als niet-Duits *Reichsbürger* een kans had om te worden benoemd. Wundt gaf daar geen duidelijk antwoord op (de beraadslagingen van de commissie waren geheim), maar hij bevestigde de indruk van Engelmann dat, hoezeer hem dat ook speet, de fysische chemie uit Leipzig leek te gaan verdwijnen.⁹ Ostwald reageerde furieus. Hij vond het

een ongerechtvaardigde en onverdiende aantasting van dit vakgebied, waaraan ik mijn krachten gewijd heb in het levendige bewustzijn van haar belang.¹⁰

Hij beargumenteerde dat Duitsland het risico liep om achterop te raken: op alle universiteiten die er in Europa toe deden, Stockholm, Kopenhagen, St.-Petersburg, Amsterdam, Parijs, en Rome, bloeide de fysische chemie, het was de 'Chemie der Zukunft'. Ten slotte, zo voegde hij nog toe, ging het hem bij dit alles niet om *zijn* persoon: 'Als men mij niet hebben wil, neem dan Van 't Hoff uit Amsterdam, die mij in tal van opzichten overtreft, maar verdrijf de fysische chemie niet van de enige thuishaven die zij in Duitsland heeft.'

Een niet erg aantrekkelijke positie?

Van 't Hoff was echter – net als Ostwald – al lang in beeld bij het ministerie en de benoemingscommissie. Die was namelijk in februari 1887 op zoek gegaan naar een fysisch chemicus van naam en het was geen verrassing dat het oog daarbij eerst op Hans Landolt was gevallen, hoogleraar aan de Landbouwhogeschool in Berlijn en lid van de Preussische Akademie der Wissenschaften. Hij was een van de weinige hoogleraren in Duitsland die de fysische chemie beoefenden. Aanvankelijk leek hij ook wel oren te hebben naar het aanbod uit Leipzig, maar na weken onderhandelen zag hij om gezinsredenen én vanwege de slechte toestand waarin het laboratorium in Leipzig verkeerde toch van een verhuizing af. Lothar Meyer, de volgende kandidaat die de commissie naar voren schoof, werd door het ministerie te licht bevonden, en over Van 't Hoff en Ostwald was men het gezamenlijk eens: beiden hadden het, gezien de rijkdom aan ideeën die ze tot dan toe tentoon hadden gespreid, in zich om uit te groeien tot leiders van het nieuwe vakgebied der fysische chemie, waarbij Van 't Hoff werd gezien als de meest geniale van de twee. Zij leden echter aan 'een zeker gebrek aan degelijkheid en voorzichtigheid bij de afleiding van algemene gezichtspunten uit de waargenomen feiten'.¹¹ In hoofdstuk 7 hebben we gezien dat dit verwijt Van 't Hoff ook in Nederland was gemaakt tijdens de discussies over een mogelijk lidmaatschap van de Akademie van Wetenschappen in 1880 en 1881.¹²

Toen er begin mei geen geschikte fysisch chemicus gevonden was, kwam Clemens Winkler in beeld, hoogleraar anorganische chemie in Freiberg en de ontdekker van het element germanium. Opnieuw was de slechte toestand van het laboratorium in Leipzig een spelbreker. Na een maand van besprekingen zag ook Winkler af van de benoeming.¹³ Daarom werd besloten voorlopig dan maar helemaal te stoppen met zoeken, maar daar kon de faculteit zich niet in vinden. Het onderwijs moest doorgang vinden en aangezien Wiedemann zich al met de colleges voor natuurkundestudenten bezig was gaan houden, was vooral Wislicenus er erg op gebrand zo spoedig mogelijk iemand naast zich te krijgen. In samenspraak met het ministerie en met Wiedemann schreef hij daarom op 6 juni een lange brief aan Van 't Hoff.¹⁴ Opvallend is dat hierin verder niemand in Leipzig gekend werd, iets wat later dat jaar voor Van 't Hoff vervelende gevolgen zou krijgen. Van 't Hoff heeft veel aan Wislicenus te danken gehad – hij zou hem later zelfs ‘mijn grootste wetenschappelijke bondgenoot’ noemen.¹⁵ In hoofdstuk 4 zagen we al dat Wislicenus een cruciale rol had gespeeld in de bredere acceptatie van Van 't Hoffs ideeën over de ruimtelijke structuur van moleculen. Pas toen hij met hulp van zijn assistent F. Herrmann een Duitse vertaling van Van 't Hoffs *La chimie dans l'espace* had gemaakt en daar zelf nog een voorwoord aan had toegevoegd, waren zijn collega's in Duitsland zich bewust geworden van het belang van Van 't Hoffs ideeën.¹⁶

Toen Wislicenus' brief uit Leipzig begin juni 1887 op de deurmat viel, was Van 't Hoff al tien jaar werkzaam als hoogleraar in Amsterdam. Veel contact tussen Wislicenus en Van 't Hoff was er in die tien jaar niet geweest, in elk geval zijn er geen brieven overgeleverd. Het aanbod uit Leipzig moet dan ook als een grote verrassing zijn gekomen, maar het trok hem direct zeer aan. Per kerende post ging een lijst met vragen terug, voornamelijk over studentenaantallen en de honoraria die elk moest betalen voor het volgen van colleges en het afleggen van examens. Ook overlegde hij met zijn vader die hem suggereerde om uit te zoeken waarom Landolt de positie had afgewezen en of Winkler nog andere redenen had gehad om van de benoeming af te zien dan de slechte staat waarin het laboratorium van Wiedemann verkeerde: ‘Gijl[ieden] vindt het wellicht onhartelijk, dat ik niet zeg: “O! Blijft toch in godsnaam hier”, of [dat ik] bij eene voor Henry zoo eervolle onderscheiding het materiële bespreek alsof dat bij mij op den voorgrond stond.’ Hij raadde Van 't Hoff juist aan om niet *alleen* op het materiële te letten, ‘omdat een berline met goud lof- en geëmailleerd paneelwerk in 't gebruik hinderlijk wordt als een der asschen niet deugt’.¹⁷

In een brief aan Wilhelm Ostwald uitte ook Van 't Hoff zelf zijn twijfels over een eventuele verhuizing: ‘Gisteren kreeg ik nog een uitnodiging om in Leipzig te komen werken, is dat niet prachtig? Maar mijn vaderland, mijn kleine vaderland.’¹⁸ Ostwald gaf hem echter per kerende post te kennen dat men een uitnodiging uit Leipzig niet zomaar afwees: ‘ik veronderstel daarom dat uw

bedenkingen minder zullen zijn dan uw terechte verwachtingen.¹⁹ En inderdaad, nadat Wislicenus in zijn antwoord tot in detail de situatie in en rond het laboratorium en de ambtswoning had beschreven, hoog op had gegeven van het culturele en sociale leven in de stad en bovendien de te verwachten inkomsten had voorgerekend – Wiedemann kon rekenen op zo'n 6500 mark salaris en meer dan 10.000 mark per jaar uit examengelden en het geven van colleges en practica, veel meer dan Van 't Hoff op dat moment in Amsterdam kreeg –, leek Van 't Hoff te zijn overtuigd. Hij moest daarvoor wel eerst een harde toezegging doen alvorens de faculteit verdere stappen zou ondernemen. Het ministerie in Duitsland stond namelijk niet te springen om buitenlanders te benoemen, tenzij ze door de faculteit dringend werden aanbevolen en de verzekering hadden gegeven daadwerkelijk te zullen komen. Daarvoor was een precedent, zo liet Wislicenus aan Van 't Hoff weten: een jaar eerder was de Noor Sophus Lie op soortgelijke wijze benoemd tot hoogleraar in de wiskunde.²⁰

Intussen in Nederland...

In Amsterdam had zes jaar eerder een soortgelijk aanbod uit Duitsland ook al tot enige opschudding in universitaire kringen geleid.²¹ Van 't Hoff's vriend en collega Hugo de Vries had in januari 1881 het aanbod gekregen hoogleraar plantenfysiologie te worden aan de Landwirtschaftliche Hochschule in Berlijn. De Vries zou de vrije hand krijgen bij de inrichting van zijn laboratorium, hij zou een assistent krijgen en maar een paar uur college per week hoeven te geven. En dat tegen een jaarsalaris dat het dubbele bedroeg van wat hij in Amsterdam als buitengewoon hoogleraar kreeg. Maar De Vries wilde liever in Amsterdam blijven, en nam met graagte het aanbod van de universiteit aan hem tot gewoon hoogleraar te benoemen. Deze hele kwestie had zich grotendeels in relatieve rust en achter de schermen afgespeeld. Van het aanbod aan Van 't Hoff daarentegen werd al op 11 juni 1887 in de *Nieuwe Rotterdamsche Courant* melding gemaakt.²² Direct daarop begonnen de brieven in huize Van 't Hoff binnen te stromen. Hij had inmiddels ook de rector magnificus, de hoogleraar geneeskunde Thomas Place, van de uitnodiging in kennis gesteld, waarna deze op zijn beurt de burgemeester had gewaarschuwd, de voorzitter van het College van Curatoren. Place had heel goed door hoe aantrekkelijk het aanbod was: 'Zeker zoudt Gij te Leipzig over een veel beter laboratorium en ruimere hulpmiddelen kunnen beschikken', maar hij sprak tegelijkertijd de hoop uit dat 'ook uw land U niet weigeren zal wat Gij meent noodig te hebben.'²³ Opvallend is dat Van 't Hoff's assistent Charles van Deventer, die regelmatig populairwetenschappelijke stukken schreef in kranten en tijdschriften, een publiek offensief opende. Onder het pseudoniem CHEMICUS hield hij in *De Amsterdammer* een fel pleidooi om Van 't Hoff een nieuw laboratorium te geven 'zooals hij 't hebben wil, [...] want een Hollandsch scheikundige heeft twee vaderlanden, zijn eigen en de scheikunde. En wanneer

het tweede vaderland een laboratorium aanbiedt, zooals een hartstochtelijk vakman er een begeert en verdient, heeft Holland geen recht van spreken meer.²⁴ Dat besef was ook doorgedrongen bij de autoriteiten en burgemeester Van Tienhoven nam als voorzitter van het College van Curatoren het opvallende besluit om Van 't Hoff persoonlijk in zijn laboratorium te komen bezoeken.



Charles Marius van Deventer (1860-1931), schrijver, dichter en chemicus, was tot 1894 als assistent aan het laboratorium van Van 't Hoff verbonden. Tekening van de hand van Jan Veth.

In dat gesprek zette Van 't Hoff uiteen wat hem in het aanbod uit Leipzig zo aantrok. Op verzoek van de burgemeester bevestigde hij dat nog eens per brief: 'die grootse universiteit Leipzig, verzamelpplaats van studenten uit alle landen, [...] de geringe omvang der betrekking (anorganische scheikunde's winters; fysische scheikunde's zomers), het salaris (10.000 gulden per jaar) en dan de duizenden prikkels en aantrekkelijkheden van de nieuwe en moeilijke werkring'.²⁵ Tegelijk gaf hij echter aan dat zijn werk in Amsterdam nog lang niet af was. Samen met zijn oudere collega Gunning had hij de ambitie uitgesproken om de Universiteit van Amsterdam wat onderwijs betreft te laten wedijveren met de rijksuniversiteiten in Nederland en wat onderzoek betrof met het beste wat Europa te bieden had.²⁶ Zijn belangrijkste eis was dan ook dat er een nieuw scheikundig laboratorium zou komen dat voldeed aan alle moderne eisen. Daarvoor zou direct een terrein aangewezen moeten worden en een termijn afgesproken waarbinnen de bouw zou dienen plaats te vinden. En hoewel het hem aangeboden salaris belangrijk hoger lag dan wat hij nu kreeg, vroeg hij niet om verhoging: 'ik heb het noodige'. Wel vroeg hij om meer 'subsidie', de

tegemoetkoming in de lopende kosten van het laboratorium, van 2450 gulden per jaar naar wat zijn Leidse collega Franchimont naar verluidt zou krijgen: 5400 gulden per jaar. Ten slotte vroeg hij ook voor zijn assistenten een flinke salarisverhoging. Maar zijn besluit lag nog niet vast, en hij deelde mee zo spoedig mogelijk zelf de situatie in Leipzig in ogenschouw te gaan nemen. In een tweede conceptbrief aan de burgemeester kwam ook een eis op tafel over het voor de bouw benodigde bedrag: 200.000 gulden, een astronomische som, meer dan twee keer zoveel als de gemeente bijvoorbeeld had uitgetrokken voor de bouw van het nieuwe fysisch laboratorium van Van der Waals in 1880.²⁷ Van 't Hoff eindigde zijn brief aldus:

Ik weet niet of het mij wel past tegenover U reeds nu wat ik wensch zoo duidelijk te formuleren. Mijn verontschuldiging is echter dat ik inderdaad dit zocht te doen voor onze Universiteit, veel meer dan voor mijzelf, en dat ik er dus dubbel voor moet waken niet, nadat mijn hoofdkracht gebroken is, te staan voor een in algemeene termen vervat besluit dat de uitvoering onmogelijk of uiterst moeilijk maakt.

Van alle kanten volgden er nu steunbetuigingen. Place meldde nog eens per brief dat hij het vertrek van Van 't Hoff zeer zou betreuren. Hij voegde tevens een brief bij van collega Donders uit Utrecht, die hem de dag ervoor had geschreven:²⁸

Is er gezorgd dat wij Van 't Hoff niet verliezen? Wij hebben waarlijk niet zooveel koppen van zijn gehalte en al te weinig mannen vooral, die wat oorspronkelijks doen, om er een te kunnen missen. Ik onderstel, dat Ge onzen vriend den Burgemeester en wie verder invloed kunnen uitoefenen op de beslissing, daarvan zult overtuigd hebben.

Place vroeg Van 't Hoff met klem om geduld te betrachten. Hij was ervan overtuigd dat de stad hem tegemoet zou komen, maar dat de gemeenteraad de tijd moest krijgen hier op de gewone wijze een besluit over te nemen. Zondagavond 19 juni zette ook collega Gunning 'haastig schrijvend', want vlak voor Van 't Hoff's vertrek naar Leipzig, alles nog even op een rijtje.²⁹ De kwestie zou behandeld worden in de gemeenteraadsvergadering van woensdagmiddag 22 juni, waar vermoedelijk om een geheime zitting zou worden gevraagd. Verder was aan een aantal vermogende Amsterdammers financiële steun verzocht en ten slotte kondigde Gunning aan dat vóór de zitting van woensdag aan alle gemeenteraadsleden een petitie zou worden aangeboden waarin collega's, leerlingen en vrienden van Van 't Hoff er met klem op zouden aandringen 'dat alle maatregelen genomen worden, welke kunnen strekken om dezen beroemden en werkzamen geleerde voor onze Universiteit te behouden'.³⁰ Van 't Hoff

vertrok vervolgens halsoverkop met zijn vrouw naar Leipzig, 'met het pistool op de borst' zoals hij het in een latere brief aan Ostwald zou formuleren, om daar de zaak in ogenschouw te nemen en de ontwikkelingen in Amsterdam af te wachten.³¹

Het goede nieuws kwam verrassend snel. Op 22 juni werd er in een besloten raadsvergadering over de kwestie gesproken.³² De burgemeester had de situatie uiteengezet, en de raad om advies gevraagd na daaraan nog te hebben toegevoegd dat het college van B&W geneigd was toe te geven aan de 'kleinere wensen' van Van 't Hoff, maar bezwaar had tegen de stichting van een nieuw laboratorium. Nog maar acht jaar daarvoor, kort nadat het Athenaeum Illustre een volwaardige (gemeentelijke) universiteit was geworden, was immers het oude chemisch laboratorium aan de Groenburgwal voor 43.000 gulden uitgebreid en opgeknapt. Toegeven aan de eisen van Van 't Hoff zou de gemeente op zo'n 15.000 gulden extra per jaar komen te staan aan rente, salaris en hulpmiddelen, en dat was op de toch al krappe begroting een flinke extra belasting. In een levendige discussie werd echter duidelijk dat de meeste raadsleden hier anders over dachten. Als het laboratorium niet voldeed, en Van 't Hoff naar Leipzig zou verdwijnen, dan zou zijn opvolger natuurlijk met soortgelijke eisen komen. Omdat er wél onduidelijkheid was op welke manier het huidige laboratorium niet voldeed, werd besloten de vergadering te schorsen en de dag erna verder te gaan in aanwezigheid van de rector magnificus Place en een aantal hoogleraren van de faculteit der Wis- en Natuurkunde.

Diezelfde avond stuurde de burgemeester een telegram naar Hotel Sedan in Leipzig, waar Van 't Hoff zijn intrek had genomen:

Hoogen prijs algemeen gesteld op uw behoud voor onze universiteit. Beslissing omtrent bepalen en onmiddellijken bouw laboratorium tot morgen uitgesteld.³³

De raadsleden hadden overigens kunnen weten hoe lastig de situatie in het Scheikundig Laboratorium was, want in de *Amsterdamsche Studentenalmanak* van dat jaar viel te lezen: 'Het sterkst wordt dit gebrek aan ruimte gevoeld in 't chemisch laboratorium; het aantal praktikanten dat onder leiding van Prof. Gunning werkt is reeds lang veel te groot voor de ruimte; maar voor hen die den niet klassikalen cursus van Prof. van 't Hoff volgen is niet alleen gebrek aan ruimte, maar ook in sterke mate, gebrek aan de noodige apparaten, zoodat het dikwijls voorkwam dat iemand, om een retort of kolfje machtig te kunnen worden een gecompliceerden toestel van zijnen buurman tot zijn elementen terugbracht, niettegenstaande er nog vriendelijke verzoeken waren bijgeschreven, om genoemden toestel onaangeroerd te laten. Hoe [het] de rechtmatige eigenaar den volgenden dag te moede was laat zich beter denken dan beschrijven.'³⁴

Dat beeld werd in de besloten raadsvergadering van 23 juni nog eens onderstreept door de rector magnificus, Place, en de hoogleraren Van der Waals, C.A.J.A. Oudemans en Gunning. Eensgezind zetten zij de misereabele situatie uiteen waarin de Amsterdamsche scheikunde verkeerde: er waren slechts twintig plaatsen voor dertig chemici, zodat deze hun praktisch werk in ploegen moesten verrichten, en daardoor te weinig oefening kregen. Van 't Hoff zelf kon bovendien niet over een ruimte beschikken voor het doen van eigen onderzoek. Ook was de collegezaal veel te klein voor de toestroom van studenten 'en is de lucht er onfrisch'. Ten slotte was zelfs de locatie van het laboratorium ongeschikt 'daar dit van twee zijden door de openbare straat werd begrensd en daardoor van het geraas der rijtuigen en het geschreeuw van voorbijgangers veel te lijden heeft'. Dat het huidige laboratorium niet voldeed, was de meeste raadsleden toen wel duidelijk, maar er bleven bij een aantal onder hen toch grote bezwaren bestaan tegen de hoge kosten die een nieuw laboratorium met zich mee zou brengen. Het was uiteindelijk de wethouder van Onderwijs die een definitieve omslag bewerkstelligde toen hij wees 'op de belangen van handel en nijverheid die met die der Universiteit hand aan hand gaan. Chemie is een vak dat aan ieder industrieel te pas komt: hij wenscht daarom den geschikten Prof., die wij nu hebben, te trachten te behouden.' Toen uiteindelijk ook de wethouder van Financiën aangaf dat 'de voorgestelde uitgaaf niet onmogelijk [was]', werd het voorstel in stemming gebracht en met zeventien tegen vijf stemmen aangenomen.³⁵ Opnieuw kon er 's avonds een telegram naar Leipzig:

Burgemeester en wethouders raad gehoord zeggen toe bevrediging uwer wenschen – mondeling nader – verzoeken geheimhouding.³⁶

Voor Van 't Hoff was de beslissing vervolgens eenvoudig. Hij lichtte Wislicenus in en keerde met zijn vrouw na een kort toeristisch bezoek aan Dresden terug naar Amsterdam. Ook vader, thuis in Rotterdam was blij met de uitkomst: zijn zoon moest wel 'opgetogen [...] zijn over de waardering. Dat ze bestond, wist hij wel, maar de begeerte, dat ze zou worden uitgesproken is toch zoo ridderlijk voldaan, als men 't verlangen kan'.³⁷

In Leipzig had Van 't Hoff in een gesprek met Wislicenus nog een goed woordje gedaan voor Ostwald, maar die was er blijkbaar 'bij de natuurkundigen niet door te krijgen'.³⁸ Daarom waren er eerst twee organisch chemici in beeld gekomen, Otto Wallach uit Bonn, met wie Van 't Hoff nauw had samengewerkt tijdens zijn verblijf in het laboratorium van Kekulé, en Max Conrad uit Aschaffenburg, maar ook zij zagen niets in een vertrek naar Leipzig, waarna eindelijk, half juli dan toch een aanbod uitging naar degene die al een halfjaar lang op de positie zat te azen: Wilhelm Ostwald. Binnen een week was de zaak geregeld. Toen de *Kultusminister* hem vroeg of hij de benoeming

aannam, zou hij hebben geantwoord: 'Het is alsof u een onderofficier vraagt of hij generaal wil worden. Ja.'³⁹ Op 10 juli 1887 stuurde hij een telegram naar zijn familie in Riga: 'Nelly, benoeming is binnen. Hoera! Wilhelm.'⁴⁰ Begin augustus nam hij ontslag in Riga en half september verwachtte hij naar Leipzig te kunnen vertrekken.⁴¹ Daar kreeg hij tot zijn eigen verrassing, en wellicht ook tot verrassing van velen die de positie eerder hadden afgewezen, opeens een ander, beter laboratorium toegewezen, namelijk dat van zijn collega landbouwhemie Wilhelm Knop, die met emeritaat zou gaan.⁴²

In Amsterdam was de discussie over het nieuwe laboratorium inmiddels definitief geregeld in een openbare gemeenteraadszitting op 7 juli. Er werd – al was het alleen maar voor de buitenwereld – nog wel even stevig gedebatteerd over deze onverwachte uitgave, zonder dat er overigens veel nieuwe argumenten op tafel kwamen. Sommige raadsleden voerden terecht aan dat er nog niets op papier stond en dat de schatting van de bouwsom erg onzeker was. Maar na een pleidooi van burgemeester Van Tienhoven, waarin hij de slechte toestand nog even wat extremer neerzette dan twee weken eerder: '80-100 laboranten in een inrichting die slechts 30 plaatsen heeft', werd met 25 tegen vijf stemmen tot de bouw van een nieuw laboratorium besloten, al werd nog wel aangetekend dat de totale kosten daarvan niet méér mochten bedragen dan 200.000 gulden.⁴³ Van 't Hoff kreeg zo waar hij om had gevraagd, al zou hij er nog wel meer dan vier jaar op moeten wachten. Na zijn terugkomst uit Leipzig pakte hij zijn gewone werk weer op, de begeleiding van promovendi en praktikanten en het geven van colleges. Bovendien vond er van juni tot oktober 1887 in Amsterdam een grote voedingsmiddelentoonstelling plaats en maakte hij deel uit van het comité dat de kookcursussen (!) organiseerde. Daarnaast was hij lid van de jury die de Bieren, Wateren en Vruchtensappen moest beoordelen: de Amstelbrouwerij kwam vóór die van Heineken als winnaar uit de bus, terwijl naar het oordeel van de jury 'aan de ingezonden wateren en vruchtensappen geene onderscheidingen [konden] worden toegekend'.⁴⁴ En of dat allemaal nog niet genoeg was, moest er ook nog een nieuw laboratorium komen. Om dat naar de modernste inzichten vorm te geven, vatte hij het plan op om later dat jaar een aantal gerenommeerde universiteitslaboratoria in Europa te bezoeken.⁴⁵ Tegelijk hoopte hij bij die gelegenheid dan ook eindelijk zijn vriend Ostwald eens persoonlijk te kunnen ontmoeten.

Een onverwachte wending

Na de nodige voorbereidingen stapte hij op 14 oktober in Amsterdam op de trein. Het plan was om via Parijs naar Straatsburg te gaan, dan naar München en Leipzig om via Berlijn weer naar Amsterdam terug te keren. Hij had twee weken verlof aangevraagd, maar vertrok zonder de formele toestemming daarvoor af te wachten.⁴⁶ Mede daardoor viel zijn verzoek niet goed bij de curatoren. Die vroegen zich onderling af waarom Van 't Hoff de zomervakantie niet



Van 't Hoff en Ostwald in het privélaboratorium van Ostwald in Leipzig eind december 1900.

voor dit doel had benut en uitgerekend op reis ging toen de nieuwe cursus al was begonnen. Men was not amused, en het zou hem bij terugkomst op een reprimande komen te staan. Uit de brieven die hij met zijn vrouw Jenny in Amsterdam wisselde, is het verloop van zijn reis grotendeels te volgen. In Parijs schafte hij vooral allerlei laboratoriumbenodigdheden aan, die een paar dagen later al in Amsterdam zouden arriveren. Hij kende de stad goed, omdat hij er een deel van het cursusjaar 1873-1874 had doorgebracht in het laboratorium van Adolphe Wurtz. Na Parijs bezocht hij in Straatsburg het laboratorium van de Duitse chemicus Rudolph Fittig. Daar was hij erg onder de indruk van 'de combinatie van de Duitse veeleischendheid met de Fransche eenvoud'.⁴⁷ In München daarentegen beviel hem het laboratorium van Adolf von Baeyer maar 'matigjes'. Maandagochtend 24 oktober kwam Van 't Hoff eindelijk in Leipzig aan, waar hij voor het eerst persoonlijk kennismakte met zijn vriend en vakbroeder Ostwald. Die was nog volop bezig met het herinrichten van zijn laboratorium en zei 'vanwege het stof' niet aan onderzoek toe te komen. Maar ook Van 't Hoff kreeg de eerstvolgende dagen weinig tijd om te doen waarvoor hij was gekomen, want er was opeens een onverwachte kwestie opgedoemd in Amsterdam.

Zoals elke maandagochtend was daar op 24 oktober de Senaat bijeengekomen, de vergadering van hoogleraren die het College van Curatoren bijstond. Voorzitter, en dat studiejaar net gekozen tot rector magnificus, was Van 't Hoffs collega Gunning. Die kreeg tijdens de vergadering een briefje toegeschoven met de volgende tekst:

Privatissime (niet ter openbaarmaking)

Prof. Leuckart te Leipzig verteld[e] mij dat van 't Hoff geen beroeping naar Leipzig heeft ontvangen. Hij stond op de aanbevelingslijst, in de tweede plaats naast een ander (in de eerste stond Victor Meyer). Het hoogste ware dat hij door een brief van een collega van de voordracht ware in kennis gesteld worden. Van deze lijst is later afgezien worden. Dit geval is het zelve bijkans dan bij Fürbringer die te Berlijn in de tweede plaats genoemd was. Was het niet goed ook dit feit te vermelden.⁴⁸

Het briefje was afkomstig van Max Conrat, een van oorsprong Duitse jurist die in 1878⁴⁹ in Amsterdam tot hoogleraar in het Romeins recht was benoemd. Wat hem precies bezielde tot deze actie is niet helemaal duidelijk. Volgens de notulen had Gunning tijdens de vergadering 'met groote ingenomenheid [gewezen] op het gelukkige feit dat Dr. van 't Hoff voor onze Universiteit is behouden.'⁵⁰ Conrat vond zo veel aandacht blijkbaar wat overdreven en was bovendien van mening dat de voorzitter dan ook een soortgelijk geval diende te vermelden, de bijna-uitverkiezing van de Amsterdamse hoogleraar anatomie Max Fürbringer voor een prestigieuze positie in Berlijn.

Gunning keek daar echter totaal anders tegenaan. Hij beschuldigde Conrat ervan 'kwade geruchten te verspreiden' die 'bij het eng denkend deel van het publiek' makkelijk ingang zouden kunnen vinden en waaruit negatieve gevolgen voor onze Universiteit konden voortvloeien.⁵¹ Hij werd daarin gesteund door zijn secretaris, de jurist Jacob Pieter Moltzer en de bioloog Hugo de Vries, niet onbelangrijk allebei goede vrienden van Van 't Hoff. Vooral De Vries zou tijdens de vergadering erg boos zijn geworden en hebben uitgeroepen 'dat men dit in 't Hollandsch laster noemt!'⁵² Gunning zat er flink mee in zijn maag, maar als rector magnificus verkeerde hij in een uitgelezen positie om deze affaire rond zijn directe collega in goede banen te leiden. Wanneer het breder bekend zou raken, dan zou snel de conclusie getrokken worden 'dat het Gemeentebestuur van Amsterdam [...] zich door van 't Hoff voor 2 ton [had] laten oplichten!'⁵³ Hij besloot daarom direct de burgemeester, die immers voorzitter was van het College van Curatoren, te informeren, eiste verdere uitleg van Conrat en vroeg Van 't Hoff de volgende dag per telegram om voorlopig in Leipzig te blijven in afwachting van een brief waarin hij hem meer duidelijkheid zou verschaffen. Bovendien brachten zowel Moltzer als De Vries een bezoek aan Jenny met het verzoek om de brief van Wislicenus van begin juni te mogen inzien, omdat op grond daarvan misschien al te concluderen viel in hoeverre er van een daadwerkelijk aanbod sprake was geweest.^{54, 55} In Leipzig, ver van alle opwinding, bleef Van 't Hoff rustig – hij kon ook niet anders. Omdat hij wist dat Gunnings brief toch niet eerder dan woensdagmiddag zou aankomen, ging hij nog even naar Dresden op en neer om daar het laboratorium van professor Hempel te bezoeken.

Toen hem bij terugkomst in Leipzig uit Gunnings brief duidelijk werd wat er zich in Amsterdam allemaal aan het afspelen was, was zijn reactie opnieuw erg kalm: 'Curieus', zo liet hij Jenny donderdagmorgen per telegram weten.⁵⁶ Gunning vroeg hem met klem 'te zorgen dat Gij een behoorlijk document krijgt, van een Leipziger autoriteit, waaruit blijkt, dat Gij hebt moeten kiezen tusschen een professoraat aldaar en een professoraat te Amsterdam'.⁵⁷ Niet dat zo'n document op dat moment al nodig was, maar aangezien Van 't Hoff nu toch in Leipzig zat, zou dit makkelijk te regelen moeten zijn. In een opvallende passage aan het slot van zijn brief liet Gunning hem bovendien weten dat hij al eerder van dergelijke geruchten had vernomen, maar daarvan geen melding had gemaakt, omdat hij niet wist wie de bron daarvan was.⁵⁸ In Leipzig werd er vervolgens koortsachtig overlegd. Van 't Hoff ging eerst langs bij Wislicenus, die toezegde een verklaring te zullen opstellen, en vervolgens bij Leuckart, die met zijn uitlatingen tegenover Conrat de oorzaak van alle opschudding was geweest. Leuckart liet weten dat hij pas sinds een dag kennis had gekregen van het 'aanbod' dat aan Van 't Hoff was uitgegaan: de minister had immers op persoonlijke titel, onder strikte geheimhouding en ook zonder de faculteit daarin te kennen aan Wislicenus opdracht gegeven om Van 't Hoff te polsen. Toen Leuckart dus in een gesprek met Conrat tijdens een conferentie in Blankenberghe had gehoord van de uitnodiging aan Van 't Hoff om naar Leipzig te komen, wist hij niet beter dan dat dat onjuist was en dat Van 't Hoff naar zijn weten nooit een serieuze kandidaat was geweest. In een brief aan Van 't Hoff zette hij een en ander uiteen en verontschuldigde zich tegelijk voor het feit dat hij veel ellende had kunnen voorkomen als hij eerder om opheldering had gevraagd.⁵⁹ Ook Conrat ging vervolgens per brief door het stof met een uitgebreide verontschuldiging aan Van 't Hoff.⁶⁰

Zo kon deze op vrijdagmiddag volkomen gerustgesteld op een paar hecatische dagen terugkijken: 'Ik zit hier met een glas uitnemend Münchener, een biefstuk, een document van Leuckart en een *Erklärung* van Wislicenus, goedgekeurd door Gunning. Wat is Holland toch een klein landje.'⁶¹ Toch zat hem nog iets dwars. Gunning had hem immers laten weten dat het gerucht dat hem helemaal geen professoraat in Leipzig in het vooruitzicht was gesteld niet alleen in Amsterdam rondging:

Akelig dat [...] mijn lieve vaderland alles doet om er mij onaangenaam te maken. Maar ik zal het winnen; ik ken de troep, die elk ogenblik aangrijpen wil om mijn 'blanken Namen zu besudeln.' Ook te Utrecht wordt hetzelfde schandaal rondverbracht, dat te Amsterdam is uitgestrooid en zoo gaarne zouden ze er diegene 'die zich bij de faculteit niet aangenaam wist te maken (Donders)'⁶² naar de bliksem helpen. Misschien dat wat ze doen op henzelf terugvalt zooals ze dat verdienen.⁶³

Maar hoe zat het nu precies met dat eerdere gerucht? Dat was Gunning ter ore gekomen via zijn Amsterdamse collega C.A.J.A. Oudemans, hoogleraar botanie. Die had hem verteld dat hij een en ander ‘van zijn broer’ had vernomen, waarbij Gunning had aangenomen dat dit J.A.C. Oudemans was geweest, hoogleraar sterrenkunde in Utrecht. Dat was echter niet juist, want het betrof zijn andere broer, hoogleraar scheikunde in Delft, A.C. Oudemans jr. Die was niet te spreken over het feit dat zijn Amsterdamse broer zijn mond niet had kunnen houden tegenover Gunning, en verbood hem te vertellen van wie in Leipzig het gerucht afkomstig was, omdat daardoor ‘wel niet anders kan of het zal bekend worden, wie het oorspronkelijk bericht heeft overgebracht.’⁶⁴

Al snel werd duidelijk dat dit de Leidse astronoom Van de Sande Bakhuyzen was geweest, die in augustus dat jaar professor Zirkel had ontmoet ten huize van diens zuster in Bonn. Zirkel was een van de leden van de commissie geweest die zich in Leipzig over de opvolging van de chemieeerstoel had gebogen, maar was net als Leuckart door de minister in onwetendheid gelaten over de stappen die via Wislicenus richting Van ’t Hoff waren genomen. Toen het onderwerp aan tafel in Bonn toevallig op Van ’t Hoff was gekomen, had hij Van de Sande Bakhuyzen verteld dat er van een aanbod helemaal geen sprake was geweest. Van de Sande Bakhuyzen deelde dat op zijn beurt met zijn Leidse collega scheikunde Van Bemmelen, die het weer door had verteld aan de Delftse hoogleraar scheikunde Sebastiaan Hoogewerff, waarna het uiteindelijk A.C. Oudemans jr. ter ore was gekomen; een prachtig staaltje van roddel binnen de negentiende-eeuwse Nederlandse wetenschap. Of zoals Van de Sande Bakhuyzen later schreef aan Van ’t Hoff: ‘Over het gesproken woord heeft men geen macht meer, ’t heeft zich verspreid, wellicht geldt er ook hier “fama crescit eundo”.’⁶⁵

Het was uiteindelijk Van Bemmelen die begin november in Amsterdam de ware toedracht vernam en in een brief aan Van ’t Hoff zijn verontschuldigingen aanbood. Uit diens antwoord aan Van Bemmelen blijkt hoe het hem moet hebben geraakt toen hij ontdekte dat een aantal collega’s in Nederland een gerucht over hem hadden verspreid zonder bij hem naar de ware toedracht te informeren:

Het heeft mij inderdaad zoo leed gedaan, dat, niet alleen deze en gene, maar ook enkele vertrouwde vrienden (waaronder Hoogewerff) zoo onmiddellijk geloof hechtten aan hetgeen werd gezegd. Vroeger beschuldigingen van landgenooten heb ik altijd als een welgemeende prikkel tot verbetering kunnen beschouwen; maar hier, waar het inderdaad een zeker offer op het altaar des Vaderlands gold, heeft mij hetgeen daarna (juist door mijn landgenooten) zoo gretig werd aangenomen diep gegriefd.⁶⁶



*De Leidse hoogleraar scheikunde
Jacob Maarten van Bemmelen (1830-1911).*

Hij moet elk van de heren collega's een ongetwijfeld niet mis te verstaan epistel hebben geschreven, maar daarvan is er helaas geen enkele overgeleverd. Wel resten hun antwoorden, licht kruiperige brieven waarin zij er nauwelijks in slagen zich overtuigend voor hun geroddel te verontschuldigen.⁶⁷ Opvallend is dat drie van hen, Van Bemmelen, Hoogewerff en A.C. Oudemans, samen met Franchimont deel uitmaakten van de redactie van het *Recueil des Travaux Chimiques des Pays Bas*, dat in 1882 was opgericht. In die tijd was Van 't Hoff op strikt verzoek van Franchimont buiten de redactie gehouden, omdat deze met hem 'niet op beste voet verkeerde en tweespalt vreesde'.⁶⁸ Dat er méér speelde valt ook voorzichtig te concluderen uit twee concepten van brieven geschreven door Van Bemmelen en bestemd voor Van 't Hoff. Deze moet Van Bemmelen hebben gevraagd dat in het geval er nog eens zoiets mocht voorkomen, hij het op prijs zou stellen als Van Bemmelen dan 'verklaring [zou] vragen van dat wat in mij u verdacht voorkomt'.⁶⁹ In een eerste, nooit verstuurd antwoord verwijst Van Bemmelen in dit verband naar een recent verschenen artikel in *De Nieuwe Gids* van Charles van Deventer. Onder de titel 'Nederlandsche scheikunde'⁷⁰ had deze daarin aandacht geschonken aan de oprichting en eerste uitgave van het *Zeitschrift für physikalische Chemie*. In die eerste aflevering 'waait de driekleur op meer dan één plaats', met Van 't Hoff als medeoprichter, en met artikelen van Van der Waals en van Pieter Frowein, een student van Van 't Hoff. Dat mag allemaal vrij onschuldig lijken, maar volgens Van Bemmelen had het artikel op velen 'een pijnlijke indruk gemaakt. Immers wetenschappelijke mannen moeten te hoog staan, om dergelijk trompetgeschal te dulden.' Hij vervolgde:

Zijn er wetenschappelijke lieden die gelooven dat gij u door dat artikel ver-eerd en verheerlijkt hebt gevonden, dan vrees ik dat zij dit in uw nadeel zullen uitleggen; en in elk geval dit artikel als een reclamestukje beschouwen, dat voor een wetenschappelijk man *infra dignitatem* is.⁷¹

In een tweede conceptbrief, van twee dagen later, zijn de betreffende passages zo goed als identiek, maar in de daadwerkelijk verstuurd versie is iedere verwijzing naar Van Deventers artikel verdwenen. Van Bemmelen schrijft slechts dat hij gaarne aan Van 't Hoff's verzoek zal voldoen om te melden wat hem in diens gedrag verdacht voorkomt.⁷²

Zo bleef Van 't Hoff zijn vaderland trouw en wijdde hij zich de volgende vier jaar 'met de duimstok in de hand'⁷³ aan de bouw van een gloednieuw laboratorium dat de Amsterdamse chemie moest 'redden uit de knel op de Groene Burgwal'. Maar zijn Nederlandse collega's moesten vooral niet denken dat 'het zijn privaat-inrichting was'. Deze uitspraak tekent andermaal de licht omstreden positie die Van 't Hoff binnen de Nederlandse scheikunde innam. Natuurlijk zullen het vererende aanbod uit Leipzig en het nieuwe laboratorium dat als gevolg daarvan voor hem werd gebouwd hier en daar tot jaloerse reacties aanleiding hebben gegeven. Maar al eerder was duidelijk geworden dat hij anders was dan anderen. Toen hij in 1878 in zijn oratie wees op de belangrijke rol die de verbeeldingskracht speelt in de wetenschap, werd dat binnen de Nederlandse wetenschap met haar epistemische deugden als degelijkheid, nauwgezetheid en eenvoud eerder als een verdachte en twijfelachtige eigenschap gezien. Verder waren zijn onorthodoxe, soms wat slordige manier van werken er oorzaak van dat hij in 1880 en 1881 – vooral als gevolg van felle oppositie van de Leidse hoogleraar scheikunde Franchimont – niet tot lid van de Akademie van Wetenschappen werd gekozen. Dat gebeurde pas in 1885.⁷⁴

Dit laatste kan zeker niet los worden gezien van een tweedeling die zich binnen de Nederlandse scheikunde had ontwikkeld: aan de ene kant de bloeiende Amsterdamse onderzoeksschool, die Van 't Hoff na zijn aantreden in 1877 had gesticht en die het nog jonge vakgebied der fysische chemie domineerde, terwijl zich in dezelfde periode in Leiden onder leiding van Franchimont een even succesvolle en dominante onderzoeksschool op het gebied van de organische chemie zou ontwikkelen. Tussen deze twee groepen gaapte een flinke kloof, die er onder meer oorzaak van was dat het vergeleken met de landen om ons heen lang zou duren voor het tot de oprichting van een Nederlandsche Chemische Vereeniging zou komen.⁷⁵ De twee scholen hadden hun eigen bijeenkomsten en tijdschriften. Waar Franchimont cum suis publiceerden in het *Recueil*, deed 'Amsterdam' dat bij voorkeur in het *Maandblad voor Natuurwetenschappen* of in Duitse tijdschriften als de *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* en later in het door Van 't Hoff en Ost-

wald opgerichte *Zeitschrift für physikalische Chemie*. In die context moeten wellicht ook de afkeurende reacties op het Gids-artikel van Van Deventer worden gezien, nota bene met als titel 'Nederlandsche scheikunde', al is het onwaarschijnlijk dat Van 't Hoff daar enige hand in heeft gehad.

De Leipzig-affaire rond Van 't Hoff tekent de onlosmakelijke band tussen nationalisme en internationalisme en tegelijk ook het spanningsveld ertussen: nationale sentimenten gedijen het best op een internationaal podium en nationale prestaties kunnen pas getoetst worden als er internationale standaarden zijn gedefinieerd.⁷⁶ Het is dan ook niet voor niets dat Stokvis bij de oprichtingsvergadering van het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres refereerde aan een gebrek aan internationale erkenning van Nederlandse wetenschappers. Van 't Hoffs 'uitverkiezing' was hem dan ook ongetwijfeld zeer welkom. Maar nationalisme is een tweesnijdend zwaard. Van 't Hoffs internationale roem en erkenning streelden enerzijds het nationaal eergevoel, maar een eventueel vertrek uit Nederland gold daarentegen weer als een teken van gebrek aan patriottisme. Buitenlands eerbetoon was mooi, maar je diende je wel bescheiden op te stellen, en vooral 'thuis' te blijven. Van 't Hoff voldeed daar – geholpen door het genereuze aanbod dat de stad hem deed – in 1887 perfect aan. Heel anders liep het toen zich in 1895 opnieuw een universiteit uit Duitsland bij hem meldde met een even vererend als lucratief aanbod. Dat hij toen doof bleef voor de roep uit het Vaderland en zijn ontslag indienende, leidde tot scheve ogen, onbegrip en wekte daardoor opnieuw veel opschudding, niet alleen in universitaire en gemeentelijke kringen, maar zelfs tot op het hoogste regeringsniveau: het duurde dan ook meer dan een jaar voor hij zich daadwerkelijk in Berlijn zou vestigen.⁷⁷ Daarover meer in hoofdstuk 14.

In Amsterdam was men in elk geval erg blij dat hij besloten had te blijven en helemaal dat er een nieuw laboratorium zou komen. Uit dankbaarheid hiervoor besloot het Amsterdamsch Studentencorps 'onder luid applaus' om Van 't Hoff een serenade te brengen⁷⁸ en boden zijn dankbare leerlingen en oud-leerlingen hem half november 'een album van rood pluche [met] portretten en handteekeningen der schenkers'⁷⁹ aan, samen met een tweetal etsen en een portret van Louis Pasteur, dat was getekend door de broer van Van 't Hoffs assistent Reicher.

In de notulen van de Senaatsvergaderingen is zoals eerder gemeld niets terug te vinden van de ophef die in oktober 1887 ontstond in Amsterdamse universitaire kringen. In de lijst van *Ingekomen stukken*⁸⁰ is echter een verwijzing te vinden naar een document met als titel 'Incident Max Conrat 1887'. Het betreft een kleine envelop, door Van 't Hoff persoonlijk driemaal verzegeld, met daarin door hemzelf geschreven kopieën van de belangrijkste brieven en telegrammen (genummerd 1-23) die van 24 oktober tot midden november 1887

uitgewisseld zijn. Elke kopie is door de toenmalige secretaris van de Senaat, de hoogleraar Moltzer, geëcht. In een begeleidend schrijven, gedateerd 1 oktober 1888 – bijna een jaar na de affaire zelf – schrijft Van 't Hoff aan een vooralsnog onbekende ontvanger 'Hierbij terug hetgeen ik gaarne in het archief gedeponeerd zou zien', waarbij hij ook vermeldt 'met toestemming van den vorigen Rector en Secretaris' de originelen zelf te behouden.⁸¹ De envelop is geopend. Het is onbekend wat Van 't Hoff heeft bewogen om een jaar na dato de 'bewijzen' in deze affaire zeker te willen stellen.

10 Thuis in Amsterdam

Ik behoor tot degenen, die in de laboratorium-medewerkers gaarne levenslotgenooten zien; zooals Berthelot ook ergens zegt: 'Je vis seul, dans mon laboratoire; mes jeunes collaborateurs sont mes amis.' – J.H. van 't Hoff¹

Terug uit Leipzig

Nog maar nauwelijks bekomen van alle opwindning en koud terug uit Leipzig, zag Van 't Hoff zich in Amsterdam geplaatst voor een belangrijke taak. Op 14 november zou Buys Ballot zijn veertigjarig professoraat vieren en de Utrechtse hoogleraar fysiologie Donders had Van 't Hoff gevraagd om de jubilaris Buys Ballot 'hulde en dank' te betuigen voor zijn werk op verschillende vakgebieden buiten de meteorologie.² Zo'n eervol verzoek kon Van 't Hoff niet weigeren, als hij dat al had willen doen. Zijn relatie met Buys Ballot was altijd uitstekend geweest. Die had hem immers in het begin van zijn loopbaan verscheidene malen gesteund, zowel na de publicatie van zijn *Voorstel* als bij zijn verkiezing in de Akademie van Wetenschappen. De enige keer dat er tussen de twee enige wrijving was ontstaan, was toen Buys Ballot hem in 1877 na zijn benoeming tot lector in Amsterdam had gefeliciteerd met zijn hoogleraarsambt. Dat was bij Van 't Hoff volkomen verkeerd gevallen, allereerst omdat hij het jaar ervoor in zijn ogen ten onrechte geen hoogleraar was geworden in Utrecht, en helemaal omdat hij in Amsterdam op dat moment nog geen hoogleraarspositie had weten te bemachtigen maar 'slechts' lector was geworden. Buys Ballot had zich hiervoor geëxcuseerd.

Dat Van 't Hoff geen enkele wrok meer koesterde, blijkt wel uit een brief waarin hij Ostwald, die Buys Ballot blijkbaar ook kende, vroeg om informatie ten behoeve van zijn toespraak:

Het is op Wislicenus na de meest beminnelijke man die er is, en ik zou zo graag veel willen zeggen wat hem op zijn feestdag plezier doet.³

Dat is aardig gelukt. Van 't Hoff nam een vroeg werk van Buys Ballot, *Schets eener physiologie van het onbewerktuigde rijk der natuur*, tot uitgangspunt van zijn rede. Buys Ballot was met dit boek een van de eersten geweest die een scheikundige theorie had uitgewerkt 'die de wetten bevat, volgens welke de lichamen onderling verbonden en hunne deeltjes veranderd worden'.⁴ Tot zijn grote frustratie was er noch in eigen land, waar Gerrit Jan Mulder hem zelfs had afgeraden het boek te publiceren, noch in het buitenland veel aandacht geweest voor de ideeën die in het boek uiteen werden gezet. Dat had alles te maken met het feit dat ze sterk afweken van wat in die dagen op theo-

retisch gebied werd geboden.⁵ In zijn toespraak gaf Van 't Hoff echter een lange opsomming van ideeën van anderen waarvoor Buys Ballot in zijn *Schets* juist de grondslag zou hebben gelegd: het continuïteitsbeginsel van Van der Waals,⁶ de snelheidsverdeling van Maxwell,⁷ de verklaring van het verdampen van een vloeistof als gevolg van de snelheid van deeltjes zoals later gegeven door Clausius,⁸ enzovoort. Het zal duidelijk zijn dat de door Van 't Hoff aangehaalde voorbeelden niet precies zo geformuleerd in de *Schets* terug te vinden zijn: zo nam Buys Ballot aan dat bij verdamping 'de vloeistof-deeltjes door de hevige trilling uit hunnen evenwigtstoestand schieten [...] en dus in den gazvormigen evenwigtstoestand overgaan.'⁹ Het was dan ook eerst en vooral zijn taak Buys Ballot te huldigen. Hij eindigde met te verwijzen naar de steun die hijzelf van de jubilaris had ontvangen toen er na de publicatie van zijn *Voorstel* niemand op zijn ideeën had gereageerd. Van 't Hoff's toespraak, die via krantenartikelen is overgeleverd, viel in goede aarde. Buys Ballot schreef hem later dat hij erg verguld was om 'uit een zoo bevoegde mond te vernemen, dat het niet geheel illusie was als ik mij verbeeldde dat onder het veele gebrekkige [...] toch ook waarlijk nieuwe en goede inzichten schuilden.'¹⁰

Zelf vielen Van 't Hoff ook steeds vaker eerbewijzen ten deel. In februari 1888 werd hij verkozen tot erelid van de Engelse Chemical Society, terwijl daar eind 1889 ook nog eens het erelidmaatschap van de Deutsche Chemische Gesellschaft bij kwam. Ter gelegenheid van die prestigieuze benoeming kreeg hij van zijn studenten een reliëf aangeboden, met daarop zijn gezicht en profiel en daaronder de tekst: 'Jacobus Henricus van 't Hoff. Physicam chemiae adjunxit. Magistro discipuli, 20 Dec. 1889.'¹¹ Dit waren ongetwijfeld zeer welkome blikken van waardering in jaren waarin hij steeds minder toekwam aan het soort onderzoek waardoor hij zich daarvoor juist had onderscheiden. Allereerst was het thuis aan de Stadhouderskade met drie opgroeiende kinderen inmiddels flink aanpakken, ook al was er altijd hulp van inwonende dienstbodes ('boeien'). Met name de laatste maanden van 1888 werd Van 't Hoff volledig in beslag genomen door huiselijke beslommeringen. Zijn vrouw Jenny, inmiddels zwanger van een vierde kind, vertrok voor langere tijd naar Rotterdam waar haar moeder ernstig ziek lag. Thuis kregen alle kinderen de mazelen en jongste dochter Alida daarna ook nog eens kinkhoest, terwijl tegelijkertijd Van 't Hoff's jongste broer Bert vanwege 'chronische Examendurchfall'¹² een tijdje onder de hoede van zijn oudere broer in diens huis verbleef.

Op 21 juli 1889 was Govert Jakob geboren, de tweede zoon in het gezin. Daarom moest Van 't Hoff de Naturforscherversammlung in Heidelberg aan zich voorbij laten gaan. Heel rouwig zal hij daar niet om geweest zijn, omdat het geen erg vruchtbare of succesvolle bijeenkomst werd. Ostwald en Arrhenius, die wel deelnamen, ondervonden aan den lijve dat de aanwezige chemici hun collega's 'van de nieuwe richting' nog niet als volwaardig beschouwden. Zij schaarden zich rond de rijzende ster van Emil Fischer, die zij als de nieuwe

leider van het vak zagen; ‘wat geen organische chemie was werd überhaupt niet als chemie erkend’, tekende Ostwald later teleurgesteld op.¹³ Ook een trip naar Tirol moest Van ’t Hoff tot zijn spijt afzeggen. De grote drukte thuis en het niet aflatende werk op het laboratorium hadden tot gevolg dat het hem na de zomer allemaal wat te veel werd. Hij moest er even uit, en in overleg met Jenny vertrok hij rond zijn verjaardag en vlak voordat de colleges weer begonnen een paar dagen in zijn eentje naar Parijs om daar de Wereldtentoonstelling te zien. In een brief van Jenny aan haar echtgenoot refereert zij aan deze voor hem moeilijke periode:

Ik geniet erg van de gedachte dat ge nu, naar alle waarschijnlijkheid ongestoord, eens rond kunt lopen en je gedachten kunt laten gaan waarheen zij willen. Het werd hier op het laatst al te erg, ik zal mijn best doen om je niet meer zoo voor alles te gebruiken.¹⁴

De brief laat zien dat Jenny, een maand na de bevalling, worstelde met haar rol in het gezin. Ze vond dat ze haar echtgenoot ‘veel tijd, zorg en geld gekost heeft, en er niets voor in plaats geeft als haar genegenheid, die misschien niet eens duidelijk spreekt’. Ook merkte ze op dat zij ‘waar mijn pogingen om je een beetje geluk te bezorgen zoo vruchteloos waren, ging twifelen of mijn genegenheid dan wel zoo sterk was als ik meende’. De brief is echter nooit in deze vorm verstuurd, want nog dezelfde dag begon ze aan een nieuwe versie:

Alles gaat hier best; als het zoo blijft zullen we weër eenig zelfvertrouwen krijgen. Ge kunt dus voorloopig met een gerust hart Parijs doorwandelen, en je gedachten den vrije loop laten. Daarin verheug ik mij met mijn gansche hart, want het was in den laatsten tijd erg, zoo als we je voor alles gebruikten.¹⁵

Na zijn aankomst in Parijs, waar het vinden van een hotel nog niet meeviel, toog Van ’t Hoff direct naar het expositieterrein op het Champ de Mars, ‘grootsche kermispret op millioenvoudige schaal’.¹⁶ Hij beklom er de net gebouwde Eiffeltoren – de eerste twee verdiepingen met de trap, de laatste naar de top met een soort liftje dat er anderhalf uur over deed. Verder bezocht hij verschillende schilderijtentoonstellingen en sprak met Thomas Alva Edison. Die was op zijn beurt naar Europa gekomen voor vakantie, om te bekomen van zijn drukke bestaan als ondernemer in de explosief groeiende elektrische industrie in de Verenigde Staten. In Parijs demonstreerde hij zijn nieuwste vindingen: ‘Ik heb alle toestellen van Edison en hemzelf gezien en mij zoo veel mogelijk ingewerkt in de aard van zijn vindingen en zijn wijze van onderzoek, een machtige combinatie van methode en genie.’¹⁷ Ten slotte bracht Van ’t Hoff nog enige dagen door met zijn zwager Govert, een broer van Jenny,



Opstelling van apparatuur van Thomas Alva Edison tijdens de Exposition Universelle van 1889 in Parijs.

die in Parijs werkzaam was en met wie hij nog op de hbs had gezeten.¹⁸ Dat hij worstelde met zijn bestaan als wetenschapper en behoefte had aan meer erkenning, blijkt uit een opmerking bij het zien van een panorama van Castellani, een lange muurschildering getiteld ‘Le tout Paris’, waarop iedereen stond afgebeeld die er op dat moment in Parijs en Frankrijk toe deed. Er waren twee scheikundigen op te zien, Louis Pasteur en de net daarvoor overleden Michel Eugène Chevreul, de uitvinder van de stearinekaars. Maar zij ‘ston- den kalmpjes achter actrices en redacteurs; mijn levensplan moet verande- ren.’¹⁹ Op de weg terug naar huis maakte hij nog een lange wandeling over de slagvelden van Gravelotte, waar in de Frans-Duitse oorlog een belangrijke slag was gevoerd, en was hij naar eigen zeggen weer helemaal tot rust gekomen: ‘Het verheugt mij dat het zoo goed gaat; zoo is het ook met mij, behalve het gevoel dat ik zoo egoïst loop te genieten en weër eerst tot mijzelf kom. In- tusschen wil ik dat weër gaarne goed komen maken.’²⁰

Zo begon hij aan het nieuwe cursusjaar in Amsterdam, dat elke keer weer meer van zijn tijd opeiste:

Wij hadden de voor- en nadeelen van een bloeiend universiteitsleven; de duizend en eerste student had zich gemeld en, met nog een’ tweeden as- sistent [...] hadden wij de belangen te behartigen van het onderwijs in de halve scheikunde, de kristallografie, de mineralogie, de geologie, de pa- laeontologie en de praktische leiding van ongeveer honderd medici en twintig filosofen.²¹

Dat maakte dat zijn dagelijkse werk, het geven van colleges en het afnemen van de tentamens, er alleen maar zwaarder op werd. Daarnaast kwam er de zorg voor het *Zeitschrift*, het beoordelen, schrijven en vertalen van artikelen. Nu had hij de verantwoordelijkheid voor het begeleiden van de practica al voor een groot deel overgedragen aan zijn assistent Reicher. Bovendien stelde hij uit inkomsten die hij betrok uit zijn werk voor de Suikercommissie, Charles van Deventer aan als privéassistent, opdat deze hem bij kon staan in zijn eigen onderzoekingen. Van Deventer nam tevens de zorg op zich voor het practicum voor medische studenten.²² Dat dat geen sinecure was, blijkt uit een brief die Van 't Hoff hem schreef toen deze hem had laten weten zijn baan als leraar scheikunde aan de hbs in Goes te willen verruilen voor een assistentschap in Amsterdam:

Gij moet U n.l. over deze laatste geen onjuist oordeel vormen; het geldt de leiding van alle medici, ook het administratieve gedeelte: dus, behalve het onderricht, zorg voor het lokaal, stoken, reinheid, orde, preparaten, glaswerk, controle van boeken, controle van schoon wegbergen, slingeren van hoeden en wandelstokken, rooken, onnoodig gasverbruik, geldelijke regeling van hetgeen door elk moet worden vergoed enz. enz. behalve dan nog de regelmatige controle der verslagen en het hebben van een oordeel over elk der leerlingen zoodat ik daarmee bij examens rekening durf houden; dit alles loopende over 100 man.²³

Ook een ander deel van zijn vroegere onderwijslast, het geven van colleges en practica in de mineralogie, kristallografie en geologie, was Van 't Hoff al kwijtgeraakt, toen per 1 september 1888 de tot dan toe in München werkzame Nederlandse geoloog Gustaaf Molengraaff werd aangesteld als privatdocent.²⁴ Nadat deze op 13 juni 1891 was benoemd tot buitengewoon hoogleraar in de mineralogie, geologie en paleontologie, was Van 't Hoff volledig bevrijd van zijn 'nachtmerrie', het geven van onderwijs in die vakken.²⁵ Tekenend voor de last die op zijn schouders drukte, is dat hij in de jaren van 1890-1893 slechts vijf artikelen publiceerde, waarvan twee niet eens nieuw werk betroffen, maar deel uitmaakten van een discussie met Lothar Meyer over het mechanisme dat ten grondslag lag aan de osmotische druk. Maar daarover later veel meer.

Het nieuwe laboratorium

En alsof dit alles nog niet genoeg was, kwam daar vanaf 1888 ook nog de verantwoordelijkheid bij voor het ontwerp van een nieuw chemisch laboratorium. Hij werkte daaraan in nauw overleg met de stadsarchitect Jacobus Bernardus Springer.²⁶ Diens eerste ontwerp had hij eind 1887 afgewezen: 'Ik heb de overtuiging gekregen dat [...] mijn laboratorium met twee binnenplaatsen niet deugt;²⁷ maar in de zomer van 1888 kon het definitieve ontwerp worden

ingediend bij B&W, waarna de dienst Publieke Werken een begroting opstelde. Die kwam uit op een bedrag van 208.000 gulden, waar nog eens 1000 gulden extra bij zou komen om rond het gebouw in plaats van een schutting 'een ijzeren hek op steenen voet' te plaatsen.²⁸ Omdat de totale kosten het door de gemeenteraad goedgekeurde budget van 200.000 gulden overtroffen, was verder overleg nodig: wellicht kon, zo suggereerde de wethouder, op de verwarming en het ameublement worden bezuinigd. Aldus geschiedde, en na een openbare inschrijving toog aannemer Voskuyl op 29 juli 1889 aan het werk. Haast was geboden, want de situatie rond het oude laboratorium was almaar nijpender geworden. Begin 1889 had Van 't Hoff toestemming gevraagd voor het huren van extra lokalen om 'eenigermate in de behoefte aan ruimte te voorzien'.²⁹ Het zou echter nog meer dan twee jaar duren alvorens hij zijn nieuwe werkplek kon betrekken.

Toen Ostwald in september 1890 op bezoek was in Amsterdam, zat het dak er net op. Samen met Van 't Hoff was hij op de bouwplaats naar boven geklommen, totdat Van 't Hoff niet verder durfde, omdat hij last had van hoogtevrees.³⁰ Het plan was om precies een jaar later, bij het begin van de nieuwe cursus, het gebouw in gebruik te nemen, maar omdat de werkzaamheden niet echt vorderden, vreesden Van 't Hoff en Gunning dat niet te halen. Zij zagen zich genoodzaakt om in de zomer van 1891 een brandbrief naar de gemeente te sturen, waarin ze vroegen om 'krachtige maatregelen'.³¹ Of die er daadwerkelijk kwamen is onduidelijk. In elk geval was de grote collegezaal (met 175 zitplaatsen) net op tijd klaar, want op 21 september 1891 gingen de deuren open en kon het eerste college worden gegeven. Volgens een overzicht van de voortgang van 'eenige Gemeentewerken', gepubliceerd in een lokale krant,³² was het scheikundig laboratorium eind september voltooid opgeleverd, maar werd er nog gewerkt aan 'het aanbrengen van leidingen, het metselen van een steenen voeting voor den distilleerketel, het maken van een ijskast en een hijschkoeker, ten behoeve der lift, het plaatsen van aanrechten, zuurkasten enz.' En terwijl de verhuizing van de Groenburgwal naar de Roetersstraat door Van 't Hoff en zijn assistenten Reicher en Van Deventer zelf werd geregeld – met behulp van veertien schuiten werd eerst het interieur en meubilair naar het nieuwe laboratorium verhuisd en daar 'met eigen handen opgesteld'³³ –, kwam volgens de studenten Almanak ook de verantwoordelijkheid voor de inrichting van het laboratorium op Van 't Hoff's schouders te liggen, 'omdat de aannemer hem in den steek had gelaten. Hij [ging] daar voortvarend in hemdsmouwen rond, zelf opmetingen doende, zelf overdenkende, hoe het zoo praktisch mogelijk in te richten'.³⁴

Hoewel de collegezaal dus beschikbaar was in het studiejaar 1891-1892, werd er de eerste maanden van het studiejaar 1891-1892 dus nog behoorlijk gezwoegd om het laboratorium helemaal af te krijgen. Dat was ook reden voor Gunning



Het nieuwe Chemisch Laboratorium op de hoek Nieuwe Prinsengracht/Roetersstraat dat in 1891 in Amsterdam zijn deuren opende.

en Van 't Hoff om B&W per brief te laten weten dat zij gemeend hadden:

de ingebruikneming zonder eenige plechtigheid te moeten doen plaats-hebben en vertrouwen daarmede ook in den geest van UEdelachtbaren te hebben gehandeld. Intusschen zal het ons zeer aangenaam zijn, in de gelegenheid gesteld te worden om UEdelachtbaren te ontvangen, ten einde van de inrichting kennis te nemen. Het zal evenwel wenschelijk zijn daarmede nog zoolang te wachten, totdat de verschillende onderdelen enigszins meer in orde zijn gebracht.³⁵

Of zo'n bezoek daadwerkelijk heeft plaatsgevonden, is onbekend. Er is in elk geval nooit een officiële opening geweest. Toch ging de ingebruikneming niet helemaal zonder plichtplegingen gepaard. Gunning hield op de eerste dag (21 september) een toespraak tot de studenten, die in zijn geheel in het universiteitsblad *Propria Cures* werd gepubliceerd.³⁶ Het was een lofzang op het nieuwe laboratorium, dat buiten de stad lag:

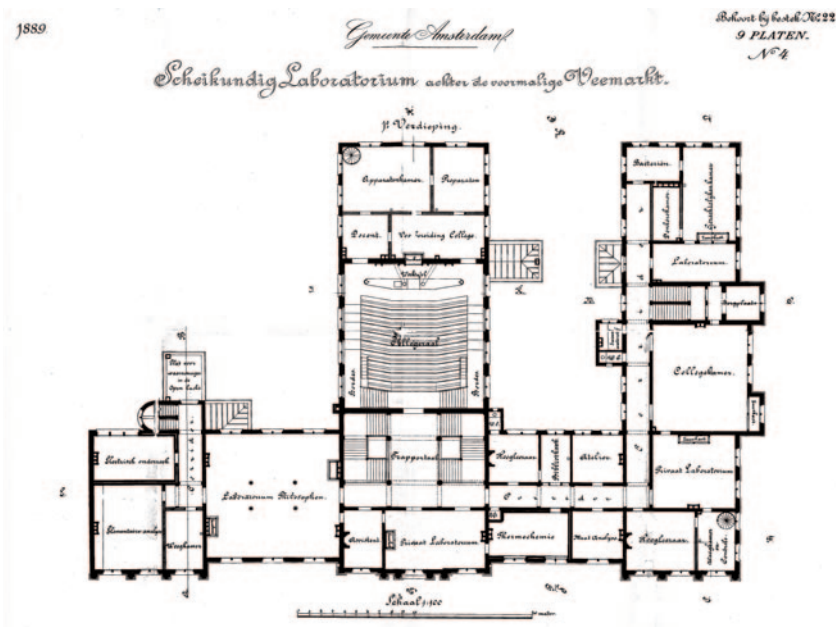
in de Plantage, waar geen opeengehoopte huizenmassa's lucht en licht in hun vrije beweging belemmeren, waar breede wegen en welig plantsoen den geest frisch houden en het oog bekoren, waar het rumoer der bedrijvige stad niet doordringt

en waar nu ook alle instellingen ten behoeve van het natuurwetenschappelijk onderwijs en onderzoek bij elkaar waren gebracht: 'Physica, Chemie en Zoölogie reiken thans als 't ware elkander de hand, terwijl ook de mineralogie en de geologie hier hare tenten zullen opslaan.' Studenten zouden zich dan ook niet langer over grote afstanden door de stad hoeven te haasten om van het ene naar het andere college te komen.

In zijn toespraak ging Gunning verder in op de geschiedenis van het scheikundelaboratorium aan de Groenburgwal, dat op geen enkele wijze meer voldeed aan de eisen die aan modern onderwijs en onderzoek worden gesteld. Daarom waren investeringen nodig geweest, die derhalve niet als 'onverantwoordelijke uitgaven van weelde' gezien moesten worden. Aan het eind van zijn rede hield Gunning nog een lofzang op Van 't Hoff en diens wetenschappelijk werk. Het was immers zijn beroeping naar Leipzig geweest die ervoor had gezorgd dat het gemeentebestuur geld beschikbaar had willen stellen voor dit nieuwe laboratorium. Zolang Van 't Hoff er werkte zou altijd duidelijk zijn dat hij er de 'geestelijk stichter' van was, maar Gunning sprak de wens uit dat 'het studeerende geslacht [...] Uw borstbeeld [...] plaatse, opdat zoolang dit gebouw zal staan en zijne bestemming behoudt, het aandenken aan u daarin leve en geëerd worde!' Op de plek waar dit borstbeeld zou moeten komen te staan, in een gebroken fronton boven de borden in de grote collegezaal, was oorspronkelijk een Minerva-kop gepland, die er vanwege de bezuinigingen nog niet was gekomen. Uiteindelijk werd deze kop geschonken door een lid van de Amsterdamsche Universiteitsvereniging, George Rosenthal, die in 1859 de bank Lippmann, Rosenthal & Co. had opgericht.³⁷ Het borstbeeld voor Van 't Hoff is er nooit gekomen. Rosenthal stelde Van 't Hoff ook in staat om in Frankrijk een duur fluorapparaat aan te schaffen, waarmee volgens de methode van de Franse scheikundige Henri Moissan (op basis van elektrolyse bij lage temperatuur) fluor kon worden geïsoleerd uit haar verbindingen.³⁸

Aan de buitenkant was het gebouw boven de hoofdingang versierd met een tweetal tegeltableaus, met twee middeleeuwse figuren, die een aantal chemische instrumenten bij zich droegen. Verder waren de namen van een aantal grote chemici uit het (nabije) verleden op de gevel weergegeven: uit Nederland die van Herman Boerhaave en Gerrit Jan Mulder en daarnaast uit het buitenland die van Berzelius, Dalton, Avogadro, Lavoisier, en Liebig. Het lijkt misschien veelzeggend dat August Kekulé in dit rijtje schitterde door afwezigheid, terwijl Adolphe Wurtz, bij wie Van 't Hoff net als bij Kekulé een aantal maanden onderzoek had gedaan, wél present was. Het was in die tijd echter niet gebruikelijk om nog levende personen op deze manier te vereeuwigen, en waar Wurtz al in 1884 was overleden, stierf Kekulé pas in 1896. Vanbinnen was het gebouw ruim en licht, met zachtgroen geverfde muren. Alle kamers waren 4,5 meter hoog en werden door middel van kachels verwarmd, terwijl de temperatuur in de collegezaal, die zelfs 10 meter hoog was, op peil werd

gehouden met behulp van verwarmingsbuizen. Op de begane grond en in de kelder lagen links van de hoofdingang de kamers voor mineralogie en kristallografie. Die 'verbanning' naar de kelder zat de privaattoecent geologie Molengraaff erg dwars, en hij heeft zijn ongenoegen over die stiefmoederlijke behandeling niet onder stoelen of banken gestoken: 'Die ondergrondse lokalen zijn vochtig, zeer laag en wat het ergste bezwaar is, bijna geheel van licht verstoken.'³⁹ Er was geen ruimte om geologische kaarten en tekeningen op te hangen en tot overmaat van ramp grensde het mineralogisch laboratorium aan een zogeheten zuurkamer waar zwavelwaterstof werd geproduceerd: 'De schadelijke gassen nemen veelal hun weg naar buiten door het mineralogisch lab, zoodat [...] ondergeteekende zelfs meer dan eens genoodzaakt was zijn lokalen te ontruimen, daar noch hij noch zijn studenten het er konden uithouden.'⁴⁰



Plattegrond van de eerste verdieping van het nieuwe Chemisch Laboratorium met de grote collegezaal en het privélaboratorium van Van 't Hoff.

Dan hadden de medische studenten en de farmaceuten het heel wat beter. De eersten beschikten over twee grote practicumlokalen op de begane grond, terwijl de gehele rechterkant van het gebouw werd ingenomen door de laboratoria voor aankomende farmaceuten, waar Gunning de scepter zwaaid. De eerste verdieping was grotendeels het terrein van Van 't Hoff. Vlak bij de grote collegezaal had hij er zijn werkkamer met daaraan grenzend de bibliotheek en er tegenover zijn privaatlaboratorium. Boven mineralogie waren

de laboratoria voor de 'philosophen', de studenten die scheikunde als hoofdvak deden. In het gebouw bevonden zich een destilleertoestel, een stoomtoestel en een gasmotor met dynamo voor het opwekken van elektriciteit, en tal van speciale onderzoeksrुimten ten behoeve van bijvoorbeeld thermochemische en elektrische proeven, elementanalyses etc. Over de installatiekosten van de gasmotor en het stoomtoestel werd door B&W nog bezwaar aangetekend, omdat de installatie daarvan pas in oktober 1892 plaatsvond, terwijl op dat moment het budget van 200.000 gulden al overschreden was. Van 't Hoff voerde echter aan dat hiervoor al een jaar eerder goedkeuring was verleend, maar dat hij gewacht had met de uitvoering ervan 'omdat opstelling voor het eind van den zomer in het nog vochtig sous-terrain ongeraden was'.⁴¹ B&W gingen daar uiteindelijk mee akkoord, maar wezen een andere aanvraag voor het aanbrengen van tochttramen om zomers wat frisse lucht binnen te krijgen, af: 'Intusschen zal worden onderzocht of door het aanbrengen van elastiekbanden of iets dergelijks, zonder veel kosten in het bezwaar kan worden voorzien'.⁴²

Het gebouw zou net zijn eeuwfeest niet halen. Op 7 november 1987 stond rond halfvier een grote brand in wat inmiddels in de volksmond 'het gebouw met de torentjes' was gaan heten. Het was toen al niet meer in gebruik voor het universitair onderwijs. Nadat de chemici naar een modern gebouw op het Roeterseiland waren vertrokken, fungeerde het een paar jaar lang als Geologisch Instituut, maar op het moment van de brand diende het als tijdelijke opslag van een aantal collecties van de Universiteitsbibliotheek. Daarvan ging een groot deel bij de brand verloren. De zolderverdieping brandde helemaal af, waarna besloten werd het gebouw te slopen. Op de plaats waar het had gestaan, verrees een nieuw gebouw van de economiefaculteit. In de hal, vlak achter de ingang daarvan is nog altijd een poortje te zien dat uit overgebleven delen van het scheikundig laboratorium werd opgetrokken, met daarin de twee tegeltableaus met de afbeeldingen van middeleeuwse chemici die ooit de gevel sierden.

Een jaar van grote tegenstellingen

Het nieuwe laboratorium was nog maar nauwelijks een jaar in bedrijf, of het einde van de Universiteit van Amsterdam leek nabij. Het liberale raadslid J.R. Wüste wilde de universiteit als gemeentelijke instelling opheffen, omdat deze voor de stad 'eene onnoodige, roekeloze en onverantwoordelijke luxe' was.⁴³ Een deel van de stadsbevolking mocht dan op het moment aan de universiteit verdienen, maar volgens Wüste zouden de kosten alleen maar stijgen als de universiteit de concurrentie met de rijksuniversiteiten wilde volhouden.⁴⁴ Veel raadsleden waren dat met hem eens. Zij vonden dat het hoger onderwijs een taak was van de rijksoverheid. Er volgden vele discussies en beraadslagingen, waarna eind maart 1893 de motie van Wüste toch met een duide-

lijke meerderheid werd afgewezen.⁴⁵ In Groningen waren deze schermutselingen echter niet onopgemerkt gebleven. De leerstoel scheikunde van Tjaden Modderman aan de plaatselijke rijksuniversiteit was door diens terugtreden vrijgekomen en de faculteit der wiskunde en natuurwetenschappen zag in Van 't Hoff zijn gedroomde kandidaat, ook al maakte men enig voorbehoud: 'hoewel de bedoelde leerstoel zeker door niemand beter dan door U zou kunnen worden bezet, werd aanvankelijk gearzeld of wij U het voorstel zouden kunnen doen Amsterdam vaarwel te zeggen.' Maar overwegende dat 'de jongste historie der Amsterdamsche Universiteit ook U de voorkeur aan een Rijks-Universiteit zoude kunnen doen geven', deed men een financieel aantrekkelijk aanbod.⁴⁶ Maar Van 't Hoff had heel andere wensen: hij wilde bevrijd worden van onderwijslast, papierwinkel en vergaderplicht. Groningen zou wat dat betreft voor hem geen wezenlijke verandering betekenen en daarom liet hij burgemeester Vening Meinesz van Amsterdam weten dat hoewel hij het voorstel uit Groningen in ernstige overweging had genomen, hij toch voldoende vertrouwen hield in de toekomst van de Amsterdamse universiteit.⁴⁷ De positie in Groningen ging naar zijn toenmalige assistent Arnold Holleman.

Datzelfde jaar namen in de familie de zorgen toe over de gezondheid van Van 't Hoffs enige zuster, Hendrika. Na een moeilijke relatie met de psychiater Gerbrandus Jelgersma,⁴⁸ met wie zij de verloving had verbroken, was ze in 1886 getrouwd met een kweker en bloemenhandelaar uit Velp, Nicolaas Jan Agatho Christiaan Hugenholtz met wie ze in 1887 een dochter had gekregen.⁴⁹ In 1892 was er echter tuberculose bij haar vastgesteld en hoewel de berichten over haar gezondheidstoestand het jaar daarop niet slecht leken, ging haar gezondheid na de zomer toch snel achteruit; ze overleed op 20 oktober 1893. Dat was vooral een enorme klap voor vader Van 't Hoff. Gedurende haar ziekte schreef hij een serie brieven aan 'zijn oogappel', waarin hij zijn eigen levensloop uiteenzette. Later zouden die worden gedrukt en onder de familieleden worden verspreid.⁵⁰ De begrafenis was nog maar nauwelijks voorbij, of Van 't Hoff werd verrast met de mededeling dat de Engelse Royal Society aan hem en Le Bel de Davy Medal had toegekend, voor 'de introductie van de theorie van het asymmetrisch koolstofatoom en de toepassing ervan bij het verklaren van de constitutie van optisch-actieve koolstofverbindingen'.⁵¹ Hij vertrok eind november naar Londen om persoonlijk bij de uitreiking en het daaropvolgende diner met de fellows aanwezig te zijn.⁵²

Veel tijd om bij te komen na terugkomst uit Engeland was er niet. Eerder dat jaar had hij al uiterst eervolle uitnodigingen ontvangen om in december lezingen te komen houden voor de Deutsche Chemische Gesellschaft in Berlijn en de Société Chimique in Parijs. De Fransen hadden Van 't Hoff eind maart al gevraagd voor een lezing in april of mei. Hij had hierop direct geantwoord dat hij weliswaar met Pinksteren zou kunnen komen, maar dat hij in die periode meestal erg veel last had van hooikoorts. In bepaalde perioden

in het voorjaar en de zomer slaagde hij er slechts met grote moeite in om zijn colleges tot een goed einde te brengen, omdat hij geplaagd werd door enorme niesbuien en tranende ogen.⁵³ Daarom had hij verzocht de lezing te verschuiven naar het eind van het jaar, waarop deze was vastgesteld op 16 december. Probleem was dat ook de Deutsche Chemische Gesellschaft hem in december als spreker wilde, en omdat hun laatste zitting plaatsvond op 11 december, was Van 't Hoff gedwongen om kort na elkaar niet alleen twee prestigieuze gezelschappen toe te spreken, maar zich ook in korte tijd per trein vanuit Amsterdam via Berlijn naar Parijs te verplaatsen.

In Berlijn had men hem de vrijheid gegeven te spreken over 'uw onderzoeksresultaten op het gebied van de fysische chemie'.⁵⁴ Maar de ideeën van Arrhenius over dissociatie van elektrolyten en die van hemzelf over de theorie der verdunde oplossingen waren op dat moment in Duitsland en Frankrijk zeker niet onomstreden. Van 't Hoff realiseerde zich dat terdege en was enigszins bevreesd te worden geconfronteerd met een vijandig publiek. Daarom antwoordde hij dat hij geen thema wilde aanroeren dat 'vanwege het ongunstige oordeel van vakgenoten niet echt geëigend leek'⁵⁵ en bood hij zijn gastheren, onder wie Emil Fischer, een alternatief onderwerp aan, te weten zijn onderzoek naar de vorming van dubbelzouten.⁵⁶ Toch viel Fischers keuze op 'de oplossingen', mits Van 't Hoff 'uitdrukkelijk beloofde iedere polemische benadering [van het onderwerp] te zullen vermijden'.⁵⁷ Voordeel was wel dat daardoor zijn lezing in grote trekken hetzelfde kon zijn als die hij al voor Parijs had toegezegd: 'La pression osmotique considérée de vue physiologique, physique et chimique', een titel die een bijna letterlijke vertaling was van zijn openingsrede tijdens het Derde Natuur- en Geneeskundig Congres van twee jaar daarvoor.⁵⁸

De uiteindelijke versies van beide lezingen waren veel uitgebreider en boden niet alleen een overzicht van de manier waarop zijn eigen denken over de theorie van het chemisch evenwicht, de osmotische druk en het gedrag van verdunde oplossingen zich over de jaren had ontwikkeld, maar eindigden met een serie recente experimenten van een van zijn studenten, J.J.A. Wijs, die net een paar weken daarvoor was gepromoveerd op 'De elektrolytische dissociatie van water'.⁵⁹ In zijn onderzoek was Wijs voortgegaan op de allereerste experimenten van Schwab over de verzeping van esters, het opbreken van een ester in een zuur en een alcohol. Schwab had de reactiesnelheid bepaald in een zuur milieu, waarna Reicher datzelfde had gedaan in een basisch milieu.⁶⁰ Van 't Hoff vroeg zich af of er ook verzeping plaats zou vinden in zuiver water. Immers, volgens de dissociatiehypothese van Arrhenius was ook water voor een zeer klein gedeelte gesplitst in positieve H-ionen en negatieve OH-ionen. Om echt alleen de minieme splitsing van het water zelf te kunnen aantonen, werd het water verschillende keren gedestilleerd waarmee alle sporen van zure en basische verontreinigingen verwijderd werden. Verder

werden de metingen uitgevoerd in een speciaal verguld roodkoperen vat, omdat water met glas reageert (glascorrosie) en daardoor basischer wordt.⁶¹ Al met al had Wijs dus een uiterst precies en lastig karwei geklaard, terwijl ook de analyse van de resultaten geen sinecure was geweest. Des te opmerkelijker dat de waarde van de dissociatieconstante van water die het experiment uiteindelijk opleverde, verrassend dicht bij de tegenwoordig algemeen geaccepteerde waarde lag.

In Berlijn bleef de gevreesde oppositie uit en waren reacties overweldigend positief. Emil Fischer zou zich later speciaal deze lezing nog herinneren en voegde daaraan toe dat 'De indruk die [Van 't Hoff] toen bij ons achterliet, een grote invloed [had gehad] op zijn latere beroeping naar Berlijn.'⁶² De uitgever van het populairwetenschappelijke tijdschrift *Naturwissenschaftliche Rundschau* wilde de tekst van de lezing ook graag publiceren, maar zag daarvan af toen hij de weergave ervan in de *Berichte* had gezien. Die was ten opzichte van de gesproken tekst blijkbaar net iets te veel 'aan het begrip van experts aangepast'.⁶³ Nu had het onderzoek van Wijs in de tussentijd nog een staartje gekregen, zoals Van 't Hoff ontdekte toen hij op weg van Berlijn naar Parijs even thuis langsging. Daar lag een brief op poten van Arrhenius, die hem meedeelde dat hij de opmerkingen van Wijs als een 'meedogenloze aanval' beschouwde.⁶⁴ Wat was er gebeurd? Wijs was op 25 november gepromoveerd en had Arrhenius een exemplaar van zijn proefschrift gestuurd. In dat proefschrift had hij een aantal berekeningen van Arrhenius tegen het licht gehouden en daar commentaar op geleverd. En dat had hij inderdaad niet altijd even subtiel gedaan. Zo had hij geconcludeerd dat 'wij aan deze becijfering van Arrhenius dus zeer weinig [kunnen] hechten', terwijl op weer een andere berekening 'gegronde aanmerkingen gemaakt [konden] worden' en een door Arrhenius berekende waarde voor een evenwichtsconstante 'geen groote beteekenis' had als gevolg van een verkeerde schatting.⁶⁵

Arrhenius was duidelijk not amused, maar Van 't Hoff vatte het allemaal erg laconiek op. Hij antwoordde zijn vriend dat hij promovendi zoveel mogelijk de vrije hand liet en als ze fouten maakten, ze dat wel van hem te horen zouden krijgen tijdens de verdediging van hun proefschrift of daarna van anderen. Daarom had hij Wijs gevraagd zelf te reageren en de kwestie op te lossen.⁶⁶ Wijs bood per brief zijn excuses aan voor het feit dat Arrhenius als gevolg van 'zijn manier van formuleren' zijn mening over de kwestie als een beschuldiging had opgevat, maar deed niets af aan zijn oorspronkelijke argumenten.⁶⁷ Arrhenius sputterde nog wel wat tegen, maar ook daar had Wijs een open en eerlijk antwoord op.⁶⁸ Op aansporing van Van 't Hoff zou Wijs later nog een kort *Referat* publiceren, waarin hij de belangrijkste bevindingen uit zijn proefschrift op een rijtje zette, maar ook daarin bleef hij bij zijn standpunt dat de berekeningen van Arrhenius ofwel onnauwkeurig waren of op gebrekige aannames berustten.⁶⁹

Terug naar Van 't Hoff. Hoewel de lezing in Berlijn goed had uitgepakt, was hij ook in Parijs beducht voor flinke oppositie. Slechts een kleine groep Franse scheikundigen, onder wie Le Châtelier en Duhem, had de nieuwe ideeën op het gebied van de fysische chemie van harte omarmd en er zelf ook bijdragen aan geleverd. De grote meerderheid was echter achter de thermochemie blijven staan zoals die jarenlang opgeld had gedaan onder invloed van Berthelot, een God in Frankrijk op het gebied van de scheikunde. Arrhenius had dit een paar jaar daarvoor in een brief aan Van 't Hoff op komische wijze verwoord:

De eerste symptomen van een verandering wat dit betreft zijn pas aan het daglicht getreden maar een voedingsbodemp hebben de nieuwe opvattingen nog niet gewonnen, daarvoor is de grond te veel doortrokken van Berthelot'sche bacteriën (B. Thermo).⁷⁰

Van 't Hoff zou daar in zijn lezing ook toespelingen op maken: 'Ik weet dat uw mening [over de dissociatie van zouten in oplossing] niet erg gunstig is' en even verder 'Ik weet dat de opvattingen van Arrhenius hier geen gemeengoed zijn'.⁷¹ Desondanks werd ook hier zijn lezing erg goed ontvangen blijkens de vele reacties die hem na afloop per brief ten deel vielen. Het is misschien ook geen toeval dat Van 't Hoff drie maanden later, in maart 1894, de verheugende mededeling kreeg dat hij benoemd was tot Ridder van het Légion d'Honneur.⁷²

De onderzoeksschool van Van 't Hoff

Aldus werd een veelbewogen, maar ook uiterst succesvol jaar afgesloten. De eerste jaren na het betrekken van het laboratorium waren lastig geweest. Maar midden 1893 kon Van 't Hoff aan Arrhenius laten weten dat hij alles op de rit had: 'Met ons gaat het goed hier. Het nieuwe laboratorium begint me plezier te doen na de verveling en de geldnood van het overgangsstadium. Er lopen verscheidene onderzoeken die deels al konden worden afgerond'.⁷³ Achteraf bezien zou 1893 inderdaad het begin inluiden van de meest vruchtbare periode voor Van 't Hoffs onderzoeksgroep in Amsterdam:

Uiterst verschillende onderzoeken vonden tegelijkertijd plaats; onderling zeer afwijkende hulpmiddelen werden daarbij gebruikt; omdat iedereen open was over het onderwerp waar hij aan werkte, ontstond er een buitengewoon leerzame en stimulerende uitwisseling van ideeën, waardoor die tijd voor hen die het meemaakten onvergetelijk is geworden. Ook de avondbijeenkomsten, waar een ieder op zijn tijd een voordracht hield over zijn onderzoek of een ander onderwerp dat hem interesseerde, hebben hier wezenlijk aan bijgedragen.⁷⁴

Dat kwam natuurlijk ook doordat het nieuwe laboratorium, met veel meer ruimte dan op de Groenburgwal en veel nieuwe apparatuur, inmiddels volledig in bedrijf was. Daarnaast had Van 't Hoff tot op dat moment de beschikking gehad over twee zeer ervaren assistenten, Charles van Deventer en Lodewijk Reicher. De laatste had echter in mei 1893 afscheid genomen om chef te worden van het laboratorium van de Gemeentelijke Gezondheidsdienst. Als zijn opvolger werd J.H.K. Docters van Leeuwen aangetrokken, die daarvoor vier jaar als assistent op het chemisch laboratorium van de Polytechnische School in Delft had gewerkt.

In 1893 promoveerden niet minder dan zes studenten, een derde van alle promovendi die Van 't Hoff in Amsterdam heeft begeleid, wat onder meer tot gevolg had dat er in de daaropvolgende twee jaar méér artikelen dan ooit tevoren verschenen.⁷⁵ Veel van dat werk vloeide voort uit het onderzoek dat hij onder andere in de *Études* had gepubliceerd. Zijn promovendi bestudeerden chemische reacties in gassen en lieten zien dat die uitstekend beschreven konden worden aan de hand van de theorie die hij in dat standaardwerk had uitgewerkt. Zo bestudeerde Diederik Marcus Kooy de stabiliteit van een aantal waterstofverbindingen als fosfine (PH_3) en arsine (AsH_3)⁷⁶ en onderzocht Hendrik Justus van de Stadt de oxidatie van datzelfde fosfine, een van Van 't Hoff's meest favoriete verbindingen.⁷⁷ Het was ook een van de onderwerpen die hij later in Berlijn overwoog weer op te pakken. De resultaten van beide onderzoeken vonden hun weg naar de Duitse vertaling en bewerking van de *Études*, die in 1896 verscheen.⁷⁸ Jochum Kornelius van der Heide daarentegen, zette onder begeleiding van Charles van Deventer diens werk aan de overgangspunten in dubbelzouten voort, en zou daarmee een opstap vormen naar het zoutonderzoek dat Van 't Hoff na 1895 in het groot aan zou pakken nadat hij naar Berlijn was vertrokken.⁷⁹ De laatste die in 1893 bij Van 't Hoff promoveerde was Ernst Cohen. Hij was de enige student met wie Van 't Hoff een zeer nauwe relatie zou opbouwen. Naast Arrhenius en Ostwald was hij bijvoorbeeld de enige met wie hij tot aan het eind van zijn leven is blijven corresponderen. Cohen was voor Van 't Hoff in Berlijn zijn belangrijkste contact met de Nederlandse scheikunde. Op zijn beurt stond Van 't Hoff hem met raad en daad ter zijde, schreef hij verschillende aanbevelingsbrieven en was hij er medeverantwoordelijk voor dat Cohen in 1902 tot hoogleraar zou worden benoemd in Utrecht. Cohen had grote belangstelling voor de wetenschapsgeschiedenis, en omdat hij zijn leermeester adoreerde is het geen wonder dat hij eerst in 1899, ter ere van het 25-jarig jubileum van Van 't Hoff's proefschrift,⁸⁰ en vervolgens een jaar na Van 't Hoff's dood biografieën publiceerde.⁸¹ Daarom is het goed op dit punt Cohens leven en werk onder de loop te nemen.

Ernst Julius Cohen was op 7 maart 1869 geboren in Amsterdam. Zijn vader had scheikunde gestudeerd bij Liebig en Bunsen en was bij de laatste in

Heidelberg gepromoveerd, om vervolgens posities te bekleden binnen de chemische industrie. Hij werd uiteindelijk directeur van de mede door hem opgerichte Nederlandsche Koolteerstokerij in Amsterdam.⁸² Daar trouwde hij met Johanna (Nanny) Rosenthal, de zus van George Rosenthal, oprichter van de bank Lippmann, Rosenthal & Co., die we eerder tegenkwamen als mecenas van Van 't Hoff. Zoon Ernst besloot na de hbs ook scheikunde te gaan studeren, na eerst staatsexamen in Latijn en Grieks te hebben afgelegd. Tussen 1888 en 1892 volgde Cohen colleges bij Van der Waals, Gunning (die 'niet steeds tijd vond om zijn colleges voldoende voor te bereiden waardoor de ter illustratie uitgevoerde proeven vaak mislukten') en Van 't Hoff. Op advies van de laatste verbleef Cohen na zijn kandidaats enige maanden in Parijs in het laboratorium van Henri Moissan, waarna hij ook nog enige maanden doorbracht op het rijkslandbouwproefstation in Breda, dit op advies van Gunning.

Bij zijn terugkeer in de hoofdstad was het nieuwe laboratorium van Van 't Hoff bijna gereed, waar hij, na zijn doctoraal te hebben behaald, aan de slag ging met zijn promotieonderzoek. Hij wilde metingen doen aan de elektromotorische kracht van chemische reacties, een onderwerp dat hij direct had ontleend aan het laatste hoofdstuk van Van 't Hoff's *Études*. Van 't Hoff had hem nog gewaarschuwd dat dit een onderwerp was met veel voetangels en klemmen, iets wat hij aan den lijve zou ondervinden. Zes maanden lang leverden de experimenten niets op, maar daarna nam het onderzoek een gelukkige wending. Cohen zou uiteindelijk cum laude promoveren, als eerste in de scheikunde in Amsterdam. In zijn laudatio hield Van 't Hoff de jonge doctor de woorden van Faraday voor: 'Work, finish, publish!'⁸³ En dat zou Cohen zeker doen. Zijn opvolger in Utrecht H.R. Kruyt schreef later over hem: 'De geniale van 't Hoff heeft maar één leerling van betekenis nagelaten, de Utrechtsche hoogleraar Ernst Cohen.'⁸⁴ Na zijn promotie trouwde hij met Louise Gompertz, dochter van een Amsterdamse bankier. Na zijn promotie bleef hij aan het Amsterdamse laboratorium verbonden als assistent van Van 't Hoff, als opvolger van Charles van Deventer die in de loop van 1894 besloot om zich helemaal op zijn literaire carrière te storten.

Alle veranderingen stemden Van 't Hoff wat weemoedig: 'Het nieuwe gebouw wordt zo ook van binnenuit vernieuwd: "Alleen de oude professoren blijven staan als de piramiden van Egypte, hoewel daarin geen wijsheid verborgen ligt.'" (Heine).⁸⁵ Als 'oude professor' kreeg Van 't Hoff niet alleen steun van zijn assistenten, maar profiteerde hij ook van de ervaring ingebracht door een gestage stroom aan buitenlanders, die meestal voor enkele maanden Amsterdam aandeden en maar al te graag de onderwerpen die Van 't Hoff op het oog had bij de kop pakten.⁸⁶ Direct na aankomst begonnen ze meestal met Nederlandse les, om Van 't Hoff's colleges fysische chemie bij te kunnen wonen. 'De Engelschman Th. Ewan, kende deze taal reeds (hij had o.a. Beets' *Camera Obscura* gelezen); de Oostenrijker Heinrich Goldschmidt liet zich

lessen geven door een onderwijzer te Zandvoort; de anderen leerden het Nederlandsch o.a. door hun omgang met de studenten en andere Amsterdammers en Amsterdamschen.⁸⁷ Velen van hen maakten een rondreis langs verschillende onderzoeksgroepen in Europa, en verbleven zo enige maanden in Amsterdam, Leipzig, Göttingen of Stockholm. Sommigen werden zelf hoogleraar en richtten fysisch-chemische onderzoeksgroepen op. Zo ging Ernst Cohen naar Utrecht, werkte Georg Bredig eerst aan de Universiteit van Heidelberg om vervolgens naar de Technische Hochschule in Karlsruhe te vertrekken, en vertegenwoordigden Wilder Bancroft en Harry Jones de fysische chemie in de Verenigde Staten op Cornell University in Ithaca, en de Johns Hopkins University in Baltimore.



Ernst Cohen (1869-1944), een van de laatste medewerkers van Van 't Hoff in Amsterdam, die een goede vriend zou worden en ook Van 't Hoff's biograaf.

Toch heeft Van 't Hoff nooit een heel grote onderzoeksschool weten op te bouwen.⁸⁸ Het aantal studenten dat koos voor een studie in de faculteit der wiskunde en natuurwetenschappen was sowieso al gering. In de periode dat Van 't Hoff er werkzaam was, groeide de Universiteit van Amsterdam gestaag van in totaal zo'n vierhonderd studenten in het cursusjaar 1877-1878, tot rond de duizend studenten in 1893-1894. Daarmee was Amsterdam qua studenten-aantal zelfs de rijksuniversiteiten gepasseerd,⁸⁹ iets wat Van 't Hoff in zijn in memoriam voor Gunning met trots vermeldde.⁹⁰ Maar de Gemeentelijke Universiteit leverde grotendeels artsen af, en terwijl het aantal geneeskundestudenten over de periode 1877-1895 in relatieve zin afnam (van 70 procent tot rond de 60 procent) en het aantal studenten binnen de faculteit der Wis- en Natuurkunde spectaculair groeide (van 25 tot 150), bedroeg dit toch nooit meer

dan 15 procent.⁹¹ Slechts een fractie daarvan besloot zijn studie af te ronden 'zoals het hoorde', met een proefschrift op basis van eigen wetenschappelijk onderzoek.

Tussen 1878 en 1897 zouden twintig studenten hun onderzoek onder supervisie van Van 't Hoff uitvoeren, ongeveer een per jaar. Twee van hen, onder wie Wilhelm Meyerhoffer, promoveerden in het buitenland, terwijl de laatste drie als gevolg van Van 't Hoff's vertrek uit Amsterdam óf bij Gunning óf bij Van 't Hoff's opvolger, Bakhuis Roozeboom promoveerden. Voor Nederlandse begrippen waren dat zeker geen kleine aantallen. In Leiden leverde Lorentz 25 doctoren en Kamerlingh Onnes 24 doctoren af, maar zij deden dat over een bijna twee keer zo lange periode.⁹² Nicolas Franchimont, hun Leidse collega scheikunde, haalde ongeveer hetzelfde gemiddelde als Van 't Hoff.⁹³ Maar deze aantallen vallen in het niet bij de cijfers van de promotiefabriek van Ostwald. Daar waren alleen al in november 1896 dertig studenten werkzaam, van wie er twintig zelfstandig onderzoek deden dat naar een promotie moest leiden.⁹⁴ Van 't Hoff zag dit zelf maar al te goed in en verwoordde dit in een brief aan zijn Duitse vriend:

Mijn instituut heette wel gewijd te zijn aan de fysische chemie, maar het gewone verloop van het onderwijs was er het belangrijkste en mijn muzen bedreef ik daarom slechts met maar een paar speciale studenten. Uw instituut is echter een centrum van waaruit een constante stroom fysisch-chemisch onderlegden de wereld bevrucht en zo bijzonder bijdraagt aan de ondersteuning van deze wetenschap en van uw positie.⁹⁵

Geen wonder dus dat hij in Amsterdam ondanks al het wetenschappelijk succes van zijn groep niet écht tevreden was. Hij wilde zélf meer bij het onderzoek betrokken zijn, met hulp van jonge wetenschappers zijn ideeën uitwerken, en daar kwam hij nauwelijks aan toe door colleges, examens, vergaderingen, administratie en wat al niet meer. Tekenend is dat zijn naam maar boven vijf van de dertig publicaties van zijn groep uit de periode 1893-1895 te vinden was. Het eerdergenoemde aanbod uit Groningen zou daar niets aan veranderd hebben. Een aanbod uit Berlijn wel. Maar dat kwam later.

11

Een eigen tijdschrift

De nieuwste afdeeling dier wetenschap, de fysico-chemie, physikalische chemie, chimie générale, hoe men haar noemen wil, heeft haar eigen tijdschrift verkregen, en in de eerste aflevering waait de driekleur op meer dan één plaats. [...] Als dat zoo doorgaat, [...] zal Holland een der belangrijkste centra der nieuwere chemie worden. – Ch.M. van Deventer¹

De lijn Amsterdam-Leipzig

Nadat Wilhelm Ostwald begin 1887 het tweede en laatste deel van zijn *Lehrbuch der allgemeinen Chemie* had gepubliceerd,² wilde hij meer. Nu hij de huidige stand van zaken had beschreven, leek het hem goed om ook de nieuwe ontdekkingen op dit vakgebied in een speciaal wetenschappelijk tijdschrift over het voetlicht te brengen.³ Zijn uitgever, Rudolf Engelmann in Leipzig, stond daar wel voor open, ook al voorzag deze niet meer dan een paar honderd abonnees. En dat betekende, zo waarschuwde hij Ostwald maar direct, dat er voor redactiewerk in elk geval geen honorarium beschikbaar zou zijn.⁴ Voor publicaties op het gebied van de organische chemie waren al jarenlang verschillende tijdschriften beschikbaar, zoals *Liebig's Annalen* en de *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* in Duitsland en de nog door Lavoisier opgerichte *Annales de Chimie* in Frankrijk. Maar voor onderwerpen op het grensgebied van de natuur- en scheikunde bestond er nog geen eigen tijdschrift. Zeer sporadisch kwamen die terecht in *Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie*, waarin ook Ostwald twee van zijn vroege artikelen had gepubliceerd. Maar zoals Lothar Meyer, hoogleraar in Tübingen en een belangrijk man binnen de Duitse chemie in een brief aan Ostwald tot zijn spijt opmerkte: 'In Wiedemann's Annalen is er regelmatig sprake van ruimtegebrek.'⁵ Bovendien betrof het dan artikelen over metingen van een of andere fysische grootte als het elektrisch geleidingsvermogen van een zoutoplossing, of van de soortelijke warmte van een aantal vloeistoffen. Eigenlijk bood alleen het *Journal für praktische Chemie* ruimte voor onderwerpen van meer theoretische of algemeen chemische aard. Ostwald publiceerde er vóór 1887 bijna al zijn werk in, net als Julius Thomsen dat deed met zijn thermochemische artikelen. De uitgever⁶ bleek echter niet bereid het tijdschrift 'tot een thuishaven van de nieuwe wetenschap te maken.'⁷ Een eigen tijdschrift zou Ostwald dan ook zeker helpen om zichzelf en zijn onderzoek een meer centrale plek in de Duitse chemie te verschaffen.

Om uit te vinden of zijn behoefte aan zo'n 'eigen' tijdschrift ook door anderen werd gedeeld, stak hij in 1886 zijn licht op bij een aantal vakgenoten. Was er wel ruimte voor een nieuw tijdschrift? En zouden zij bereid zijn aan

zo'n nieuw tijdschrift bij te dragen? Een van de collega's die reageerde was de eerdergenoemde Lothar Meyer. Hij liet weten grote bedenkingen te hebben, zelfs als Ostwald erin zou slagen om een aantal grote namen – Horstmann, Landolt, Thomsen, Van 't Hoff – aan zo'n tijdschrift te binden. Het redactiewerk zou ten koste gaan van zijn eigen onderzoek en daarnaast leek het Meyer ook niet raadzaam als de meerderheid der chemici, de organisch chemici, niet langer zicht had op artikelen op een meer algemeen gebied.⁸ Ostwald was door Meyers reactie niet direct uit het veld geslagen. Tijdens het jaarlijkse congres van de Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte van 18-24 september 1886 in Berlijn polste hij zijn collega's opnieuw of zij ruimte zagen voor een nieuw tijdschrift. Maar wederom waren de reacties onverdeeld negatief: er waren al meer dan voldoende tijdschriften, de artikelen over algemene chemie werden sowieso nauwelijks gelezen, het was kortom, in de ogen van velen een te gewaagde expeditie.⁹ Wat zeker ook een rol zal hebben gespeeld in alle afwijzende reacties, was dat Ostwald nog geen uitgebreid netwerk binnen de Duitse chemie had weten op te bouwen. Hij bracht Engelmann verslag uit van zijn bevindingen en de plannen gingen in de ijskast.

Tot zijn verbazing ontving hij half november 1886 opeens een brief van een andere uitgever, Leopold Voss uit Hamburg, met de vraag of hij bereid zou zijn mee te werken aan de oprichting van een *Zeitschrift für physikalische Chemie*. Het voorstel daartoe was afkomstig van een jonge, vrij onbekende scheikundige, Isidor Traube, die verbonden was aan de Technische Hogeschool van Hannover. Hij had blijkbaar lucht gekregen van de gesprekken tussen Ostwald en collega's in Berlijn en was met een voorstel voor een nieuw tijdschrift naar Voss gegaan. Enigszins verbaasd over deze nieuwe ontwikkeling zegde Ostwald voorzichtig zijn medewerking toe, ook al liet hij Voss nog wel weten in welke zin zijn collega's zich een paar maanden eerder over een soortgelijk voorstel hadden uitgesproken. Voss liet zich daardoor niet uit het veld slaan: 'Bij de oprichting van een tijdschrift op een speciaal gebied van een grote wetenschappelijke discipline kan men onmogelijk wachten tot de grote meerderheid van wetenschappers daarmee instemt. [...] Een goed begin is het halve werk.'¹⁰ Hij dacht aan vijf of zes afleveringen per jaar in één band, elk met vijf tot zes artikelen. Het redactiewerk wilde hij aan Traube overlaten; Ostwald zou de leiding over het geheel moeten nemen en natuurlijk ook zijn naam aan de onderneming dienen te verbinden, het liefst samen met nog een aantal beroemde vakgenoten: Van 't Hoff had dat bijvoorbeeld al toegezegd en was ook bereid gevonden artikelen te leveren.¹¹

Toen Voss nauwelijks een week later liet weten zijn tijdschrift te gaan aankondigen in het *Börsenblatt des deutschen Buchhandels*, vond Ostwald het tijd om ook Engelmann op de hoogte te brengen van de nieuwe ontwikkelingen. Die bleek opeens ook weer interesse te hebben en vroeg aan Ostwald om zijn ideeën over de inrichting en organisatie van het blad eens op papier te willen

zetten, maar dat was Ostwald al voor Voss aan het doen. Ook bij tal van scheikundigen ontstond verwarring, omdat ze aanvankelijk door Ostwald waren benaderd en nu opeens van Voss het verzoek kregen om mee te werken aan een nieuw tijdschrift. Ostwald had intussen bedacht hoe het tijdschrift eruit zou moeten zien: naast gewone artikelen zou het ook boekbesprekingen en referaten moeten bevatten, waarin onderzoek dat al in andere tijdschriften was gepubliceerd in kort bestek uiteen werd gezet. Dat zou wel extra kosten met zich meebrengen, omdat iemand dat soort referaten zou moeten schrijven en daarvoor betaald diende te worden. Een ander punt van discussie was zijn eigen redacteurschap. Voss vond dat redacteur en uitgever zo dicht mogelijk bij elkaar moesten zitten en Ostwald kon daar in het verre Riga niet aan voldoen. Dat kon alleen Traube. Daarom moest Ostwald zich maar meer met de referaten belasten.¹²

Maar dat ging Ostwald te ver. Rond half december besloot hij dat hij niet naast (en feitelijk onder) Traube wilde meewerken aan een nieuw tijdschrift en dan ook nog eens alleen aan de referaten. Want wie was die Traube nou eigenlijk? 'Een jonge vakgenoot, die zich hoe dan ook niet kon laten voorstaan op uitstekende prestaties, noch op experimenteel, noch op literair gebied.'¹³ Toen Engelmann bovendien bereid bleek Ostwald te betalen voor zijn redactiewerk en toe te geven aan Ostwalds eis dat het tijdschrift een internationaal karakter moest krijgen met medewerkers uit heel Europa, zij het met alle artikelen in het Duits,¹⁴ besloot hij om niet met Voss in zee te gaan 'omdat ik niet in mijn eigen huis huur wens te betalen.'¹⁵ Samen met Engelmann zou hij de concurrentie met Voss aangaan, ook al kon dat volgens Engelmann wel eens een vuile strijd worden:

Want er is geen twijfel mogelijk dat Voss en zijn redacteurs alles zullen doen om ons te schaden, en het is altijd mogelijk dat ze daarin op korte termijn zullen slagen.¹⁶

Daarom ging Ostwald onverdroten verder op zoek naar steun voor zijn plannen en kreeg hij in korte tijd toezeggingen van onder andere August Horstmann, van Otto Pettersson en van de vader van het Periodiek Systeem, Dimitri Mendeleev.

Ook richtte hij zich tot Van 't Hoff, die zich met zijn meest recente artikelen als een pionier op dit nieuwe onderzoeksterrein had laten kennen. Helaas is Ostwalds brief verloren gegaan en hebben we alleen het antwoord van Van 't Hoff. Daaruit blijkt dat hij in de veronderstelling verkeerde dat Ostwald hem benaderde namens Voss. Hij liet weten dat hij volledig achter diens initiatief stond en bovendien al toestemming had gegeven om zijn naam op het omslag van diens tijdschrift te vermelden. Maar hij had ook zijn bedenkingen ten aanzien van Traube:

Ik moet bekennen dat ik niet echt enthousiast was over het redacteurschap van 'Dr. I. Traube, Hannover', en dat ik niet heb geïnformeerd naar andere medewerkers, maar heb gedacht: 'Het doel is me lief en ik strijd mee.'¹⁷

Van 't Hoff stelde daarom voor dat hij naast Ostwald en Traube in de redactie plaats zou nemen. Zo zou het succes van het nieuwe tijdschrift beter gewaarborgd zijn. De voorwaarden voor zijn toetreden tot de redactie konden later wel worden besproken: 'We hebben immers al zo lang in hetzelfde café zitten zuipen, alleen stonden de tafels zo ver van elkaar dat het "proost" slechts zachtjes fluisterend doorkwam.'¹⁸

Van 't Hoff had echter zijn woord al aan Voss gegeven en kon alleen met Ostwald en Engelmann verder wanneer deze zijn plannen zou opgeven. Daarnaast maakte Ostwald ook hem duidelijk weinig te zien in een gedeeld redacteurschap, omdat de technische en zakelijke leiding zich moeilijk liet splitsen. Daar was Van 't Hoff het mee eens, al liet hij wel weten 'dat mijn deelname er alleen uit zou kunnen bestaan dat mijn naam naast die van u wordt vermeld [...]; bijdragen voor het tijdschrift kunnen dan eventueel ook aan mij opgestuurd worden, maar dat is minder van belang.'¹⁹ Ostwald interpreteerde het antwoord van Van 't Hoff als een afwijzing en sprak daarover zijn teleurstelling uit: 'Wat hadden we samen allemaal voor elkaar kunnen krijgen! Hoe mooi hadden we elkaar kunnen aanvullen!'²⁰ waarop Van 't Hoff repliceerde dat 'we elkaar toch niet zo goed begrijpen zoals grote geesten als wij gewoon zijn',²¹ waarna hij nog maar weer eens onderstreepte dat als zijn naam naast die van Ostwald op het omslag van het nieuwe tijdschrift werd vermeld, hij bereid zou zijn Voss te ontraden om verder te gaan met zijn plannen en te vragen terug te mogen komen op zijn eerder gegeven belofte.

Zo verscheen in het *Börsenblatt* wéér een aankondiging van een binnenkort te verschijnen *Zeitschrift für physikalische Chemie, Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre*, dit keer afkomstig van uitgeverij Engelmann. Op diens verzoek was het woord 'allgemeine Chemie' in de titel gesneuveld. Volgens hem beschreef deze lange titel het vakgebied 'preciezer' en daarnaast zou de uitgever van het *Journal für praktische Chemie* hebben aangegeven de titel van zijn tijdschrift toch te willen uitbreiden tot *Journal für praktische und allgemeine Chemie*, iets wat overigens bij een intentie zou blijven.²² Hoewel Voss de titel 'physikalische Chemie' eerder had geclaimd, was het toen al wel duidelijk dat het met zijn tijdschrift niets meer zou worden. Helemaal toen hij op een laatste verzoek aan Ostwald om samen te werken op kerstavond per telegram diens finale antwoord kreeg: 'Nein.'²³ Daarmee was ook Van 't Hoff bevrijd van zijn belofte. En omdat Ostwald het belangrijk vond om de naam van de 'geniale onderzoeker' Van 't Hoff aan zijn tijdschrift te verbinden, besloot hij toe te geven aan diens voorwaarden ten aanzien van een gedeeld

redacteurschap.²⁴ Van 't Hoff stemde maar al te graag toe en stelde voor om op de titelpagina van het *Zeitschrift* te vermelden:

Unter Mitwirkung von ... herausgegeben von
Wilh. Ostwald und **J.H. van 't Hoff**
 Prof. ch(em) Prof. ch(em)²⁵

Tegelijk had Van 't Hoff direct al een 'eine kleine Abhandlung' meegestuurd, een bewerking van het proefschrift van Pieter Coenraad Frederik Frowein.²⁶ Die verscheen niet alleen als eerste 'Mededeling uit het universiteitslaboratorium van Amsterdam', maar ook als allereerste artikel in de eerste uitgave van het *Zeitschrift*.²⁷ Verder nam Van 't Hoff het stokje over van Ostwald en schreef hij een groot aantal brieven aan Belgische en Franse scheikundigen om hen te polsen voor hun medewerking. En met succes: begin februari zegden Henri Le Châtelier, François-Marie Raoult en zijn oude vriend uit Luik Walther Spring bijvoorbeeld toe artikelen te zullen bijdragen.²⁸ Zo werd de basis gelegd voor een uiterst succesvolle samenwerking, die meer dan twintig jaar zou duren.²⁹

Het is opvallend hoezeer Van 't Hoff belang hechtte aan een toekomstige rol als redacteur van het nieuwe tijdschrift. We zagen eerder dat Franchimont hem in 1882 bij de oprichting van het *Recueil* buiten de redactie had weten te houden en dat had hem persoonlijk geraakt.³⁰ Dat blijkt uit een briefwisseling tussen Van 't Hoff en zijn vrouw Jenny, die in deze periode vanwege ziekte van haar moeder met de kinderen in Rotterdam verbleef. Regelmatig hield hij haar op de hoogte van 'de onderhandelingen met Ostwald' en toen duidelijk werd dat Voss zijn onderneming had opgegeven en hij zijn redacteurschap zou krijgen, schreef hij:

Vindt gij 't niet kinderachtig, al dat drijven en doen? 't Is but a worthless world to win or lose.³¹ Als echter de tweede vorm van Ostwald³² doorgaat, dan bekleedt Nederland, wat scheikunde betreft, in de oogen van 't buitenland een hooger plaats dan die welke het ooit innam, en dan zie ik de redactie Franchimont c.s. als een klein voorwerpje staan op de groote berg harer eigen opgeblazenheid.³³

Het is misschien ook niet verwonderlijk dat in deze zelfde tijd Van 't Hoffs student Charles van Deventer in *De Nieuwe Gids* aandacht schonk aan het nieuwe tijdschrift met een ronkend verhaal over de 'nieuwe chemie', die nu beschikte over een eigen tijdschrift waarover 'Nederlanders zich zullen verheugen, dat Amsterdam op den omslag staat geschreven'.³⁴ Het stuk bevat tevens een oproep aan 'de voorbeeldig ijverige en nauwkeurige experimenter, Dr. Bakhuis Roozeboom' om ook te gaan publiceren in het *Zeitschrift*,

maar ‘vermoedelijk zal deze wel blijven publiceeren in den *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, waarin hij reeds zooveel heeft geschreven’.

Maar Bakhuis Roozeboom zou wel degelijk regelmatig bijdragen gaan leveren aan het *Zeitschrift*, net als vele anderen in Europa.³⁵ Het internationale karakter was ook direct af te meten aan de eerste uitgave, die op 15 februari 1887 verscheen: vier artikelen van auteurs uit vier verschillende landen. Deze werden voorafgegaan door een editorial, *An die Leser*, geschreven door Ostwald. Naast een oproep aan zijn collega-scheikundigen hun fysisch-chemische werk voortaan in zijn tijdschrift te publiceren, en aan de natuurkundigen dat ook te doen, maakte hij strategisch gebruik van de woorden van een van de leidende Duitse onderzoekers op dat moment, de Duitse fysioloog Emil du Bois-Reymond. Deze had de van oorsprong Zwitserse scheikundige Hans Landolt toegesproken bij diens toetreden tot de Preussische Akademie der Wissenschaften vijf jaar daarvoor. Landolt was een van de eerste chemici die zich bezighield met onderzoek naar de samenhang tussen fysische eigenschappen en chemische structuur van moleculen. Hij wilde begrijpen wat er zich in de moleculaire wereld afspeelde, ‘hoe de atomen tijdens een chemische reactie van plaats wisselen’.³⁶ Want dat inzicht ontbrak volgens Du Bois-Reymond nog in de scheikunde, ja, dat was het wat de scheikunde eigenlijk nog niet tot een échte wetenschap maakte, in de zin van een wetenschap stevig gegrondvest op een wiskundige basis. De fysische chemie zou daar verandering in brengen en daarom was het ‘de chemie van de toekomst’.³⁷

Een succesverhaal

Met het *Zeitschrift* ging het in de daaropvolgende jaren steeds beter, zowel wat de instroom van nieuwe artikelen als van abonnees betreft. Al in april 1887 schreef Ostwald aan Arrhenius dat hij al voldoende manuscripten binnen had voor de komende drie maanden,³⁸ terwijl er in augustus 1887 al driehonderd abonnees waren³⁹ en begin 1889 al meer dan vierhonderd.⁴⁰ De samenwerking tussen Van ’t Hoff en Ostwald verliep zeker in die eerste jaren erg soepel, waarbij wel aangetekend dient te worden dat Ostwald in het ‘zenuwcentrum’ in Leipzig het meeste administratieve werk voor zijn rekening nam. De twee hadden nog wel even een meningsverschil gehad over de vraag of ook artikelen in andere talen geaccepteerd moesten worden. Directe aanleiding hiervoor was een artikel van Duhem waarin hij de dissociatiehypothese van Arrhenius ondersteunde. Hij zag dat het liefst in het Frans verschijnen, iets waar Van ’t Hoff en een aantal Zweedse collega’s hem in steunden.⁴¹ Ostwald voerde echter aan dat meer dan driekwart van de abonnees uit Duitsland kwam en hij vreesde die lezers te verliezen als artikelen in vreemde talen zouden worden gepubliceerd. Daarnaast zou volgens hem juist door het artikel in het Duits te vertalen het lezersbereik van het werk van Franse onderzoekers enorm worden uitgebreid.⁴² Aldus geschiedde.

Tot aan 1899 verscheen er maandelijks een uitgave (*Heft*). Het jaar 1887 telde 53 bijdragen met in totaal 678 pagina's en het jaar erop was dat al opgelopen tot 74 bijdragen die samen 996 bladzijden besloegen.⁴³ Geen wonder dus dat al in 1889 twee banden nodig waren. Na 1899 nam het aantal *Hefte* in sommige jaren toe tot achttien en soms zelfs 24 per jaar,⁴⁴ volgens de Amerikaanse fysisch-chemicus Harry Jones een nooit eerder geziene groei voor een wetenschappelijk tijdschrift.⁴⁵ Daarmee was het *Zeitschrift* een enorm succes, al nam na 1911 het aantal abonnees wat af: de prijs per band was weliswaar in al die jaren ongeveer gelijk gebleven op zo'n 16-17 mark, maar door het almaar toenemende aantal banden waren de kosten voor een jaarabonnement toch flink omhoog gegaan.⁴⁶ Engelmann maakte dan ook een behoorlijke winst op de uitgave: zo'n 11.000-13.000 mark per jaar.⁴⁷ Daarvoor verzette Ostwald zonder twijfel het meeste werk. De eerste twaalf jaar schreef hij alle referaten en boekbesprekingen zelf en leverde hij bovendien het leeuwendeel van de vertalingen.⁴⁸ Groot voordeel was dat hij Russisch las en zo de bijdragen van zijn Russische collega's beschikbaar maakte voor zijn Europese collega's. Het succes van het *Zeitschrift* leverde ook scheve ogen op, vooral van de kant van redacteurs van andere tijdschriften, die na 1887 niet meer hoefden te rekenen op de aandacht van fysisch chemici. In 1888 liet bijvoorbeeld Gustav Wiedemann, hoofdredacteur van de *Annalen der Physik und Chemie*, aan Arrhenius weten dat 'ik niets tegen het tijdschrift heb, maar dat te vrezen valt dat een publicatie waar maar zo weinigen aan bijdragen gemakkelijk tot een instituut voor wederzijdse bewondering vervalt'.⁴⁹ En ook in Nederland ging de introductie van het nieuwe tijdschrift niet ongemerkt voorbij. Terugkijkend op vijftig jaar *Recueil* stelde Holleman in 1932 vast dat met de komst van het *Zeitschrift* 'de physico-chemische verhandelingen veel schaarscher [werden]. Dat dus de omvang van het *Recueil* daardoor afnam, is niet te verwonderen'.⁵⁰

Het werk aan het tijdschrift, de colleges aan studenten en het begeleiden van een enorme groep promovendi zouden Ostwald op den duur te veel worden. Begin januari 1898 had hij zijn nieuwe laboratorium feestelijk geopend, in aanwezigheid van zowel Arrhenius als de inmiddels in Berlijn woonachtige Van 't Hoff, die daar onder druk van Ostwald zijn jaarlijkse reis naar Nederland voor had vervroegd.⁵¹ En in de herfst van 1903 vierde hij het 25-jarig jubileum van zijn promotie, ter gelegenheid waarvan het *Zeitschrift* met een nieuwe *Jubelband* werd verrijkt, waarvoor Van 't Hoff de inleidende biografie leverde en het overzicht van Ostwalds onderzoek.⁵² Dat kwam hem nog wel op een flinke discussie met Arrhenius te staan. Van 't Hoff had namelijk geschreven dat Ostwald in juni 1884 de samenhang tussen chemische activiteit van een aantal zuren en hun elektrische geleidbaarheid (zie hoofdstuk 7) 'onafhankelijk van Arrhenius' had vastgesteld.⁵³ Arrhenius, die zoals we eerder hebben gezien een extreem gevoelige natuur bezat waar het prioriteitskwesties aanging, vroeg Van 't Hoff op basis waarvan hij tot die conclusie was

gekomen. De twee wisselden vervolgens in niet minder dan vijf brieven tijdens de eerste twee maanden van 1904 hun wederzijdse standpunten uit, waarbij Van 't Hoff telkens probeerde om zijn vriend op basis van artikelen te overtuigen dat de zaak wellicht minder duidelijk lag dan Arrhenius zelf aannam, terwijl Arrhenius voortdurend met nieuwe argumenten kwam op basis van formuleringen, die hij als een schriftgeleerde probeerde te interpreteren. De discussie werd beëindigd toen Van 't Hoff na een gesprek met Ostwald liet weten dat deze op de kwestie zou terugkomen en er opheldering over zou verschaffen in zijn Faraday Lecture.⁵⁴ Dat is alleen niet gebeurd, maar blijkbaar was de allergrootste opwinding bij Arrhenius toen alweer wat weggeëbd, want verdere discussie bleef uit.⁵⁵

In tegenstelling tot Arrhenius was Ostwald zeer te spreken over Van 't Hoffs bijdrage aan de *Jubelband*. Wel valt op dat deze zich bijna volledig had beperkt tot de *wetenschappelijke* kanten van Ostwalds leven tot dan toe, waardoor het een vrij onpersoonlijk stuk is geworden. Natuurlijk wees hij op de twee kanten van Ostwalds carrière tot dan toe, als organisator en als onderzoeker, en 'in beide opzichten heeft hij die activiteit tot aan de laatste gevolgtrekkingen doorgevoerd' en ondanks veel tegenstand 'het altijd bij het rechte eind gehad'.⁵⁶ Waar die laatste opmerking Ostwald veel genoegen deed, bracht een andere uitspraak hem erg aan het twifelen. Van 't Hoff refereerde namelijk aan het feit dat Ostwald ondanks zijn gestaag uitbreidende werkgebied nooit zijn belangstelling voor zijn eerdere onderzoekingen noch de beheersing ervan had verloren. 'Dat mocht er vanbuiten zo uitzien, maar vanbinnen voelde ik het omgekeerde. Ik raakte met de dag zowel de interesse als de beheersing kwijt'.⁵⁷ Voor Ostwald zette dit een proces in gang dat hem er uiteindelijk toe zou brengen om zijn positie in Leipzig vroegtijdig op te geven. Eind 1900 had hij het ministerie al verzocht om te worden ontslagen van zijn taak als laboratoriumdirecteur, en als *Honorarprofessor* op kleine schaal verder te mogen gaan. Maar dat werd hem geweigerd. Wel werd er een onderdirecteur aangesteld (Robert Luther), die de dagelijkse zaken in het laboratorium moest afhandelen. Dat leverde enige verbetering op, maar nadat hij februari 1905 in conflict was geraakt met de faculteit over de door hem te geven colleges, besloot hij zelf om er definitief mee te stoppen en zich in het najaar terug te trekken in zijn landhuis Energie. Het definitieve afscheid zou overigens nog een jaar uitgesteld worden, mede omdat Ostwald in het wintersemester 1905/1906 gasthoogleraar was op de Universiteit van Harvard.

Na zijn terugkomst kwam het na twintig rimpelloze jaren ook tot een botsing met zijn uitgever Engelmann. Ostwald was in oktober 1906 met emeritaat gegaan en had te kennen gegeven ook zijn werk aan het *Zeitschrift* te willen beëindigen. Als grondlegger meende hij recht te hebben op een deel van de toekomstige inkomsten, zeker wanneer zijn naam ook in de toekomst op het titelblad zou blijven staan. Engelmann weigerde dit. Eind december bood Van

't Hoff aan om als 'onpartijdige' bemiddelaar op te treden, al was het alleen maar om iedereen de kosten van een eventuele rechtszaak te besparen,⁵⁸ maar dat wees Ostwald af: 'Juist omdat ik weet dat ik het grootste deel van mijn energie in het *Zeitschrift* gestoken heb, mag ik eisen dat mijn recht daarop mij niet simpelweg afgenomen wordt, zoals Engelmann oorspronkelijk van plan was.'⁵⁹ Een paar maanden later volgde een rechterlijke uitspraak die Ostwald in het gelijk stelde en die hem een eenmalig bedrag van 8000 mark en een jaarlijkse winstdeling opleverde. Omdat een groot deel van het succes van het *Zeitschrift* toch ook mede aan Van 't Hoff te danken was geweest, bood hij deze een deel hiervan aan. Van 't Hoff reageerde hierop als een heer en vroeg zich af wie dat geld het beste kon gebruiken. Op basis van zijn eigen vermogen, dat hij zelf in zijn brief op een half miljoen mark schatte, kwam hij tot de volgende overweging:

Tja, daar moeten we een beetje doen als een drogist die in het donker een bakje afweegt, niet weet of het vitriool of wonderolie is, maar zijn klant met een welwillend 'God zegene de greep' de zaak uit laat gaan. Mij lijkt om verschillende redenen een bedrag van ongeveer 2000 mark wellicht correct.⁶⁰

Daar ging Ostwald graag mee akkoord. Hij bleef overigens ruziën met Engelmann over het redacteurschap en de betalingen daarvoor, maar dat ging grotendeels aan Van 't Hoff voorbij.⁶¹ Veertig jaar na het verschijnen van de eerste uitgave maakte Ostwald met groot genoegen en trots de rekening op. Het *Zeitschrift* was een groot succes gebleken:

De oprichting ervan verzekerde het bestaan van de algemene chemie als zelfstandige wetenschap, omdat het de vertegenwoordigers ervan samenbracht en hen de mogelijkheid verschafte om zich in eigen huis te presenteren in het openbaar en niet zoals tot dan toe als gedoogde gasten in een niet altijd welwillende omgeving.⁶²

Het einde van een vriendschap

Van 't Hoff en Ostwald waren in de jaren daarvoor steeds verder uit elkaar gegroeid. Waar de betrekkingen met Arrhenius tot het einde toe warm zouden blijven, valt uit de briefwisseling met Ostwald op te maken dat de twee elkaar niet veel meer te vertellen hadden. Hun brieven werden alsmaar korter en dienden meestal ter begeleiding van artikelen voor het *Zeitschrift*, dat nog altijd hun beider namen op de titelpagina vermeldde, wat nog tot de dood van Van 't Hoff in 1911 zo zou blijven. Er was alleen niet langer een gemeenschappelijk belang dat hen dreef, er was geen gemeenschappelijke vijand meer die ze konden bestrijden, zoals in de tijd dat ze samen als Ioniërs ten strijde trokken ter verdediging van de fysische chemie. Terwijl Van 't Hoff zich na zijn verhuizing naar Berlijn in 1896 volledig had geworpen op het onderzoek

naar de vorming en afzetting van zouten uit oplossingen, onder meer ten behoeve van de zoutindustrie in Stassfurt, neigde Ostwald al sinds de jaren negentig steeds meer naar de filosofische kant. Hij ontwikkelde zijn *Energetik*, het idee dat alle waarneembare verschijnselen terug te voeren waren op energie-omzettingen, waarbij hij zelfs zo ver ging dat hij de atomaire structuur van de materie ontkende.⁶³ En vanaf 1900 begon hij energetische principes ook toe te passen ter verklaring van sociale, culturele en psychologische verschijnselen. Zo meende hij een complete levensbeschouwing, een *Ersatzreligion*, op energetische grondslag te kunnen opbouwen.⁶⁴ Dat leverde hem de hoon en felle kritiek op van veel van zijn vakgenoten. Arrhenius schreef Van 't Hoff in 1905 dat 'wij helaas hulpeloos staan tegenover het afglijden van Ostwald uit de natuurwetenschappen.'⁶⁵ Ook Van 't Hoff dacht daar het zijne van en liet dat af en toe blijken. Zo wenste hij Ostwald in 1901 veel succes met diens nieuwe tijdschrift, de *Annalen der Naturphilosophie*, maar liet hij alvast weten dat Ostwald van hem geen bijdragen hoefde te verwachten: 'Ik ben als filosoof zo ongeveer bij Comte blijven hangen.'⁶⁶ Toch kwamen dit soort kleine steken onder water misschien wel harder aan dan Van 't Hoff kon vermoeden. Zijn vraag in deze zelfde brief, of Ostwald wellicht plaats had voor een van Van 't Hoffs medewerkers, Fritz Weigert, werd per kerende post met een afwijzing beantwoord, terwijl Ostwald toch behoorlijk wat assistenten had rondlopen.⁶⁷ En waar vele tientallen collega's Van 't Hoff een paar maanden later gelukwensden met zijn Nobelprijs, bleef het vanuit Leipzig angstvallig stil. Begin 1905 was er nog een curieus incident in huiselijke kring, tussen de zoon van Van 't Hoff en de dochter van Ostwald, waarover later meer, maar tot een echte uitbarsting kwam het pas in 1911, vlak voor Van 't Hoffs dood.

Aanleiding was de taal waarin de artikelen in het *Zeitschrift* geschreven zouden worden. Ostwald was er namelijk van overtuigd geraakt dat om de onderlinge communicatie tussen wetenschappers uit verschillende landen écht beter en efficiënter te laten verlopen een gemeenschappelijke taal nodig was.⁶⁸ Daartoe was hij in 1907 onder meer voorzitter geworden van een comité dat een keuze beoogde te maken voor een van de op dat moment beschikbare 'wereldtalen'. Besloten werd aan een verbeterde vorm van het Esperanto te werken, het Ido, een project dat door een Franse esperantist was opgezet. Vanaf dat moment propageerde Ostwald als een ware missionaris de zegeningen van deze artificiële taal.⁶⁹ Van 't Hoff was daar op zijn zachtst gezegd niet erg enthousiast over. Hij bleef bewust weg van een lezing van Ostwald in de Akademie, omdat hij anders niet had kunnen weigeren plaats te nemen in een comité dat de positie van de Akademie in deze kwestie moest bepalen: 'Nu was die arme Landolt erin getuind,' zo schreef hij aan Arrhenius:

Persoonlijk ben ik voor het Engels (of Duits of Frans) als wereldtaal en vrees ik dat als het met het Esperanto wat verder komt, de arme school-

kinderen een extra vak zullen moeten leren waar ze geen voordeel van hebben. [...] Wanneer je overigens echt iets voor deze wereldtaal zou willen doen, dan moet je boeken die vanwege hun onbetamelijke inhoud verboden zijn daarin vertalen.⁷⁰

In januari 1911 stelde Ostwald voor om de samenvattingen aan het eind van elk artikel in het *Zeitschrift* ook in het Ido te vertalen.⁷¹ Engermann was daar mordicus tegen en ook Van 't Hoff vond nu dat Ostwald te ver ging. Zijn reactie was direct en onkarakteristiek fel:

Tot mijn grote spijt zou ik helaas, ook na ampele overweging de door u gewenste stap ten gunste van de Ido-taal niet willen zetten, en zonder dat u hierin iets onvriendelijks moet zien, laat ik u liever direct weten dat als deze verandering doorgaat, ik het *Zeitschrift* niet meer met mijn naam wil ondersteunen.⁷²

Ostwald was des duivels. Waar de twee elkaar al jarenlang met 'Lieber Freund' hadden aangesproken, begon hij zijn antwoord nu met 'Sehr verehrter Herr Kollege' om vervolgens los te barsten: 'Elke keer als u gevraagd wordt op te treden als scheidsrechter tussen mij en Engermann, heeft u onmiddellijk partij gekozen tegen mij, zonder mij ook maar in de gelegenheid te stellen mijn standpunt te motiveren.'⁷³ Hij had het vertrouwen in Van 't Hoff volledig verloren en vroeg hem in deze kwestie niet langer als tussenpersoon op te treden. Maar zonder dat Ostwald dat wist, was in die dagen Van 't Hoff's gezondheidstoestand, die al zwak was vanwege zijn voortdurende longproblemen, enorm verslechterd als gevolg van een acute blindedarmontsteking. Hij heeft de brief van Ostwald waarschijnlijk nooit gezien, zoals blijkt uit het antwoord van Jenny: 'In deze situatie kunt u zich wel voorstellen dat mijn man zich met deze vragen niet kan bezighouden en daarom zou ik u willen verzoeken zo mogelijk nog wat te wachten met het nemen van beslissingen.'⁷⁴ Ostwald kon niet anders dan zich verontschuldigen. Het was de laatste brief die hij zijn vriend zou schrijven.⁷⁵ Maar dat wilde niet zeggen dat hij zijn plannen veranderde, hetgeen Van 't Hoff nog wel degelijk meekreeg. Zijn laatste dagboekantekening, twee weken voor zijn dood, luidde: 'Ostwald kan toch met zijn Volapük⁷⁶ niet wachten en opent een enquête in los bij het tijdschrift ingelegd blad [...]; tot het uiterste meêgegaan, maar hier ook halt.'⁷⁷ Het is jammer dat een vriendschap die 25 jaar had geduurd zo naar moest eindigen. Ostwald schreef nog wel twee mooie in memoriams voor zijn vriend, maar waar Arrhenius nog tot ver na de dood van Van 't Hoff contact onderhield met diens gezin, kwam het tussen Ostwald en de Van 't Hoff's niet meer goed. En ook van samenvattingen in het Ido is het nooit gekomen.

12

Op de grens van fysica en chemie

Men moet toestemmen, dat de fysici tegenwoordig meer en meer zich gaan bezighouden met chemische vraagstukken, doch het is ook waar, dat de scheikunde zelve het eerst de hand heeft uitgestoken, die niet dan aarzelende werd aangenomen en nog niet met alle hartelijkheid is gedrukt. De fysica vindt het nog maar half goed, dat de scheikunde ook toilet wil maken en in fatsoenlijk gezelschap medespreken over zaken, die boven haar opvoeding gaan. – Ch.M. van Deventer¹

Een nieuw werelddeel

‘Opkomende uit de wateren, verrijst daar tusschen de groote continenten, physika en chemie, een nieuw werelddeel, maar het is nog slechts, hier door eenige eilandengroepen, daar door een uitstekend voorgebergte vertegenwoordigd.’² Met deze woorden begon Van ’t Hoff in april 1891 zijn openingsrede op het derde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres in Utrecht. Het nieuwe werelddeel waar hij het over had was natuurlijk dat van de fysische chemie dat ‘zich in den jongsten tijd van het moederland [heeft] vrijgemaakt; de gaandeweg wassende bevolking der eilandengroepjes heeft zich vereenigd en [...] heeft zijn eigen organisatie en hulpmiddelen, zijn tijdschrift, zijn federatieve samenwerking en zijn laboratoria.’³ Het ontstaan van de fysische chemie als een aparte discipline wordt vaak gedateerd in 1887.⁴ Het was de Amerikaanse chemicus Harry Jones, die terugkijkend op 25 jaar scheikunde als eerste het begin van het nieuwe tijdvak in de chemie in 1887 plaatste.⁵ Begin dat jaar was het laatste deel van Ostwalds populaire *Lehrbuch der allgemeinen Chemie* verschenen, dat een overzicht bood van al het onderzoek dat tot dan toe op fysisch-chemisch gebied was gedaan. Vlak daarna verscheen de eerste uitgave van het *Zeitschrift für physikalische Chemie, Stöchiometrie und Verwandschaftslehre*, het eerste tijdschrift speciaal gewijd aan de fysische chemie. In dat tijdschrift zouden in de loop van datzelfde jaar twee baanbrekende artikelen verschijnen, eentje van Van ’t Hoff over oplosingen⁶ en een van Arrhenius over dissociatie van zouten in oplossing.⁷ Beide betroffen publicaties van onderzoek dat niet alleen richtinggevend zou blijken te zijn voor de komende jaren, maar de auteurs ervan ook een Nobelprijs zou opleveren. Ten slotte werd Ostwald ook nog benoemd op de fysisch-chemische leerstoel van Wiedemann in Leipzig, een benoeming die Van ’t Hoff daarvoor had geweigerd. Ostwalds onderzoeksgroep zou als een soort ‘extended family’ de basis gaan vormen voor de uitbreiding van het nieuwe vakgebied in Europa en zelfs in de Verenigde Staten.⁸

Het jaar 1887 mag dan een ‘annus mirabilis’ zijn geweest, nieuwe discipli-

nes in de wetenschap ontstaan niet van vandaag op morgen en het ontstaansproces verloopt zelden geruisloos. Integendeel, dergelijke processen gaan veelal gepaard met discussies, uitsluiting en (grens)conflicten. Het is verder een gerechtvaardigde vraag of de identiteit van de fysische chemie *als discipline* in 1887 al wel zo duidelijk was.⁹ Sowieso was er vanaf het begin al onduidelijkheid over de naam ervan. Voor de titel van zijn *Lehrbuch* gaf Ostwald de voorkeur aan de term ‘allgemeine Chemie’, terwijl het *Zeitschrift* niet alleen de fysische chemie behandelde, maar ook de *Stöchiometrie* en de *Verwantschaftslehre* (affiniteitsleer), die blijkbaar allebei apart vermelding behoeften. In 1831 had de door Van 't Hoff zo bewonderde Franse filosoof Auguste Comte in zijn *Cours de philosophie positive* een wetenschappelijke hiërarchie opgesteld en daarin de natuurkunde boven de scheikunde geplaatst.¹⁰ De tegenstelling die hij waarnam, tussen een meer op theorie en wiskundige modellen gestoelde natuurkunde – ‘une science rationnelle’ volgens Comtes landgenoot Pierre Duhem¹¹ – en een meer beschrijvende, praktische scheikunde – ‘une science descriptive’ – werd in de loop van de negentiende eeuw nog eens verdiept doordat de scheikunde bijna volledig gedomineerd raakte door de organische chemie.

Toen Wilhelm Ostwald in de herfst van 1889 de Duitse Naturforscherversammlung in Heidelberg bezocht, merkte hij op hoe een zwerm van organisch chemici zich daar schaarde rond Emil Fischer, ‘in wie men al de huidige leider van onze wetenschap zag, want wat geen organische chemie was, werd überhaupt niet als scheikunde erkend’.¹² En juist binnen de organische chemie ging de aandacht bijna volledig uit naar de praktische kant van de scheikunde, het synthetiseren en analyseren van nieuwe verbindingen.¹³ Al dient meteen opgemerkt dat het ook hier ingewikkelder ligt dan het op het eerste gezicht lijkt.¹⁴ Zoals we in hoofdstuk 3 zagen, ontwikkelden organisch chemici in de loop van de negentiende eeuw een serie complexe theorieën over de constitutie van chemische verbindingen. Die waren weliswaar niet kwantitatief van aard, maar kunnen wel degelijk als een vorm van theoretische chemie worden gekwalificeerd. Pas tegen het eind van de negentiende eeuw verschoof met het werk van scheikundigen als Pfaundler, Horstmann, Von Helmholtz en natuurlijk Van 't Hoff de aandacht van de chemie als een overwegend statische, kwalitatieve wetenschap van structuurformules, naar een dynamische, kwantitatieve wetenschap van affiniteit en reactiesnelheid en werden mathematische en fysische methoden geïntroduceerd in het chemisch onderzoek.¹⁵

Ostwald was een van de aanstichters van die beweging. Vanaf het begin van zijn studie was hij ervan overtuigd geweest dat met name in Duitsland scheikundigen te veel aandacht hadden voor de taxonomische aspecten van hun vak, voor de classificatie van verbindingen aan de hand van hun structuur en eigenschappen. De organische chemie voerde de boventoon. Gekscherend schreef hij dat als hij niet in Letland maar in Duitsland zou hebben gestudeerd,

hij ook organisch chemicus zou zijn geworden.¹⁶ Gezien de bloei die de organische chemie in de negentiende eeuw had doorgemaakt, was de geschetste aanpak erg succesvol geweest, maar toch moest het volgens Ostwald met de scheikunde een andere kant op.¹⁷ Hem stonden een aantal opgaven voor ogen, waar 'zijn' nieuwe, fysische chemie zich voor gesteld wist en hij formuleerde deze in juli 1887 in wat je een beginselprogramma zou kunnen noemen.¹⁸ Scheikundigen zouden niet zozeer moeten kijken naar de verbindingen die aan chemische reacties deelnemen, maar naar de chemische reacties zelf, naar de omstandigheden waaronder verbindingen worden gevormd en weer uiteenvallen, naar het probleem van de affiniteit, de chemische aantrekking die ervoor zorgt dat sommige moleculen wél en andere niet met elkaar reageren, en naar de aard van het chemisch evenwicht. Dat soort onderzoek vertegenwoordigde volgens hem de laatste van de drie fasen in de ontwikkeling van een wetenschap: kennisvergarig, ordening en begripsvorming. In die derde fase werden de *algemene* wetten opgehelderd waaraan een vakgebied onderworpen was.¹⁹ De reden dat Ostwald het liever had over *allgemeine chemie* dan over *physikalische chemie*, was ook omdat genoemde onderwerpen geen betrekking hadden op specifieke verbindingen: 'De kennis van nieuwe verbindingen is niet het uiteindelijke doel van de wetenschap.'²⁰

Het ontstaan van de fysische chemie

In het voorgaande hoofdstuk hebben we uitgebreid stilgestaan bij de ontstaansgeschiedenis van het *Zeitschrift für physikalische Chemie* en bij het succes ervan. Zowel Ostwald als Van 't Hoff zagen heel goed het grote belang in van zo'n eigen tijdschrift en ook van hun eigen betrokkenheid daarbij. Het oprichten van een nieuw tijdschrift getuigt ook van een zeker zelfvertrouwen, van een 'zelfbewuste poging van de kant van de meer verlichte fysisch chemici' tot verjonging van een 'niet-fysische, niet-mathematische, enigszins premoderne scheikunde'.²¹ Toch is het goed enige voorzichtigheid te betrachten ten aanzien van het doorslaggevende belang van de gebeurtenissen in 1887 voor het ontstaan van de fysische chemie als een zelfstandige discipline. Die ontstaansgeschiedenis komt hieronder aan de orde, waarbij zal worden betoogd dat het jaar 1887 als geboortjaar van de fysische chemie eerder een mythe is dan dat zij op feiten berust.

In algemene zin zijn aan het ontstaan van disciplines volgens Mary Jo Nye een aantal kritische aspecten te onderscheiden.²² In de eerste plaats gaat disciplinevorming gepaard met pogingen tot inbedding in een bredere ontwikkeling en een langer bestaande traditie. De vernieuwers hebben er belang bij om het ontstaan van een nieuwe discipline neer te zetten als de onvermijdelijke uitkomst van een zich langs logische lijnen voltrekkend proces, waarin de voortschrijdende waarheid triomfeert over de reactionaire dwalingen van tegenstanders (in dit geval onder meer de thermochemici als Berthelot en

Thomsen). Heel vaak spelen hierbij ook persoonlijke belangen een grote rol. De ontstaansgeschiedenis van het *Zeitschrift* liet al zien dat Ostwald en Van 't Hoff er veel aan gelegen was het nieuwe tijdschrift onder hun eigen naam te laten verschijnen. Dat zou hen allebei een zeker aanzien verschaffen, en kon op zijn beurt weer leiden tot invloed bij het oprichten van nieuwe onderzoeksinstituten of bij universitaire benoemingen.

Hun handelen kwam wellicht ook voort uit de geïsoleerde positie waarin ze zich allebei bevonden. Eerder zagen we al dat Ostwalds onderzoek niet strookte met de overwegend organisch-chemische richting in de rest van Duitsland. Daarbij nam hij in Riga ook geografisch een vrij geïsoleerde positie in, aan de rand van Europa, ver van de grote universiteiten en chemische onderzoekscentra in Duitsland en elders in Europa. Dat laatste gold feitelijk ook voor Van 't Hoff in Amsterdam, die bovendien om andere redenen een buitenbeentje was in eigen land: evenmin als Ostwald paste hij bij de in Nederland toonaangevende organisch-chemische onderzoeksschool van Franchimont. En ook de Dritte im Bunde, Arrhenius, was in eigen land een vreemde eend in de bijt. De Universiteit van Uppsala had hem al geen warm welkom geboden en in Stockholm paste zijn onderzoek meer binnen de natuurkunde dan de scheikunde. In 1887 had hij bovendien nog niet eens zicht op een vaste positie en zwierf hij van onderzoeksgroep naar onderzoeksgroep als een wetenschappelijke nomade door Europa. Volgens DeLanda is de afstand die Ostwald cum suis hadden van de wetenschappelijke centra in Frankrijk en Duitsland een verklaring voor de opkomst van de fysische chemie *vanuit de periferie* van de toenmalige chemische wereld.²³ Alle drie hadden ze redenen om zich te profileren, om een eigen koninkrijk te creëren, met liefst zo veel mogelijk onderdanen. Dat bovengenoemde aspecten binnen de wetenschap een grote rol spelen, wordt mooi geïllustreerd door gebeurtenissen in 1870 rond de benoeming in Leipzig van de eerste hoogleraar in de fysische chemie in Duitsland, Gustav Wiedemann. Ruim vóór 1887 dus.²⁴

In Leipzig was Hermann Kolbe in 1865 als hoogleraar scheikunde benoemd naast Otto Erdmann, die de leerstoel voor technische chemie al sinds 1830 had bekleed. Toen Erdmann in oktober 1869 overleed, stelde de faculteit een commissie aan die op zoek moest naar een opvolger. Binnen een maand lag er al een voorstel, dat volledig uit de koker van Kolbe kwam: hij wilde dat zijn voormalige assistent uit Marburg, Rudolf Schmitt, tot opvolger van Erdmann zou worden benoemd. Binnen de faculteit bestond hier weerstand tegen. Met name twee hoogleraren wiskunde vonden dat de benoeming gebruikt moest worden

om een nieuw op het toneel verschenen en nog op het punt van ontstaan zijnde wetenschap, de zogenaamde fysische chemie een ingang in onze universiteit te verschaffen.²⁵

Zij kwamen tot deze conclusie op basis van aanbevelingen die in de weken ervoor waren ingewonnen bij een aantal gerenommeerde Duitse chemici en fysici: August Kekulé, Gustav Kirchhoff, Rudolf Clausius, Wilhelm Weber, Friedrich Wöhler en Franz Neumann.²⁶ Hun antwoorden geven een belangrijk inzicht in de manier waarop er op dat moment tegen de 'fysische chemie' werd aangekeken. Zonder uitzondering onderstreepten ze het belang van het fysisch-chemisch onderzoek, dat inzicht bood in de krachten die een rol spelen bij chemische reacties en het verloop ervan kwantitatief kon beschrijven, en ook meer in het algemeen tot wederzijdse bevruchting van het theoretisch en praktisch onderzoek zou leiden. Een leerstoel in de fysische chemie zou een verbreding betekenen van het scheikundig curriculum, en ook de mogelijkheid bieden om de kloof te dichten die tussen scheikunde en natuurkunde was ontstaan. Ook bij benoemingen aan andere universiteiten zou al met de gedachte zijn gespeeld om een vertegenwoordiger van dit vakgebied te benoemen.²⁷

Op basis van deze aanbevelingen werden nu door de faculteit een aantal kandidaten voor de leerstoel opgevoerd, onder wie de toen bekende namen: Hermann Kopp, die in Heidelberg al sinds 1862 fysisch-chemische colleges had gegeven, Hans Landolt in Aken, die daar sinds 1855 een fysisch-chemisch colloquium organiseerde,²⁸ Lothar Meyer in Karlsruhe, Alexander Naumann in Giessen en Leopold Pfaundler in Innsbruck. Maar op Lothar Meyer na konden zij geen van allen de goedkeuring van het ministerie wegdragen. Dat kwam daarom met een eigen kandidaat, Gustav Wiedemann, een fysicus nota bene. De beslissing werd vervolgens toch weer aan Kolbe overgelaten, omdat die nu eenmaal samen met de nieuw te benoemen hoogleraar de colleges moest invullen. Kolbe koos voor Wiedemann, omdat het in Lothar Meyers theoretisch werk 'volledig [ontbreekt] aan eigen experimenteel onderzoek. Het beslaat een reeks aan het werk van anderen ontleende berekeningen.'²⁹ Feitelijk was dat een nederlaag voor de voorvechters van de fysische chemie, want Wiedemann had in zijn vroege loopbaan weliswaar iets aan scheikundig onderzoek gedaan, maar had blijkbaar geen behoefte dat weer op te pakken en zou in Leipzig de meeste tijd gaan besteden aan onderzoekingen op het gebied van elektriciteit en magnetisme. Het was dan ook niet verwonderlijk dat hij in 1887 de overstap maakte naar de vrijgekomen leerstoel natuurkunde in Leipzig, waarmee hij de weg vrijmaakte voor de aanstelling van Ostwald.

Sinds de benoeming van Wiedemann was de positie van de fysische chemie in Duitsland niet verbeterd. Dat werd het duidelijkst verwoord door Hans Landolt, die in 1880 als hoogleraar scheikunde was overgestapt van Aken naar de Landbouwhogeschool in Berlijn. Hij mocht zich dan in de woorden van Du Bois-Reymond hebben beziggehouden met 'de chemie van de toekomst',³⁰ dat stemde hem zelf niet erg tevreden. In een lange brief aan Ostwald gaf hij in 1886 uiting aan zijn frustraties. Ostwald had hem gevraagd wat zijn kansen waren op een fysisch-chemische leerstoel in Duitsland en Landolts ant-

woord was duidelijk: 'Niet erg groot.' Een keuze voor dit vakgebied was 'een uiterst ondankbare zaak'.³¹ De universiteiten waar hij zelf aan verbonden was (gewees), stelden geen enkele interesse in zijn fysisch-chemische werk als het ontwikkelen van nieuwe analytische methoden en het meten van fysische eigenschappen van moleculen. Dat soort onderzoek kon hij slechts als 'Sonntagsvergnügen' en dan ook nog op eigen kosten uitoefenen. Hij noemde ook de problemen van zijn collega Kopp, sinds 1863 hoogleraar scheikunde in Heidelberg en ook een van de aanvankelijke kandidaten voor de leerstoel in Leipzig. Ook hij bestudeerde het verband tussen de structuur van organische verbindingen en hun fysische eigenschappen, maar volgens Landolt had Kopp jarenlang tevergeefs geprobeerd in Duitsland een fysisch-chemische leerstoel te krijgen.³² Kortom, Landolt kon het een jonge man als Ostwald niet aanraden voor de fysische chemie te kiezen en daarmee een onzekere toekomst in te gaan. Een laatste illustratie van de ondergeschikte rol die de fysische chemie speelde in een groot gedeelte van de negentiende eeuw biedt het standaard leerboek der scheikunde van Graham-Otto. Waar dit voor het beschrijven van de organische chemie een paar duizend pagina's nodig had, werd de fysische chemie in een paar honderd pagina's volledig behandeld.³³

Het onderzoek op het grensgebied van natuur- en scheikunde in de negentiende eeuw omvatte twee grote gebieden. Allereerst was er de elektrochemie, die een grote bloei doormaakte in de periode na de ontdekking van de batterij door Alessandro Volta in 1800. Gebruikmakend van die batterij ontdekte de Engelse scheikundige Humphry Davy een groot aantal nieuwe chemische elementen, waaronder natrium, kalium en calcium. Zijn leerling Michael Faraday leidde een tweetal elektrolysewetten af en werd zo grondlegger van het vakgebied. Al dat onderzoek had als bijkomend gevolg dat er in de eerste helft van de negentiende eeuw al tijdschriften verschenen op fysisch-chemisch gebied. Elektrochemici konden hun artikelen kwijt in de in 1806 opgerichte *Physisch-chemischen Abhandlungen in chronologischer Folge*. Daarnaast verschenen de in 1790 opgerichte *Annalen der Physik* tussen 1819 en 1823 onder de titel *Annalen der Physik und physikalische Chemie*.³⁴ Vanaf 1850 groeide naast de elektrochemie ook de thermochemie uit tot een bloeiend onderzoeksgebied binnen de scheikunde, met eigen onderzoekscentra en -groepen, eigen leerboeken etc. Thermochemici bestudeerden de warmte die bij chemische reacties vrijkwam en zagen dat als een maat voor de affiniteit, de mate waarin verbindingen reacties met elkaar aangingen.

Scheikundigen als Ostwald, Nernst en Van 't Hoff legden bewust een verband tussen deze vroege ontwikkelingen en wat zij zelf deden, met het doel een soort genealogie te construeren, te verwijzen naar een hun welgevallige voorgeschiedenis. Dat vormde een gebruikelijk onderdeel van de strategie achter disciplinevorming. Hierop wijst ook een analyse van een aantal van hun geschriften.³⁵ Zo voerde Ostwald in zijn geschiedenis van de elektrochemie aan

dat al sinds 1800 een discussie had gewoed over Volta's contacttheorie – hebben de elektrische verschijnselen in een batterij een fysische of een chemische oorzaak –, die pas aan het eind van de jaren tachtig met het werk van Arrhenius was opgelost.³⁶ Daarmee claimde hij expliciet dat de fysische chemie 'een natuurlijk uitvloeisel en het hoogtepunt [vormde] in de ontwikkeling van de elektrochemie'.³⁷ Analooch beschreef Nernst in zijn rede bij de opening van zijn nieuwe laboratorium in Göttingen hoe Van 't Hoff met zijn *Études* had gezorgd voor een hereniging van fysica en chemie, die volgens hem vanaf 1835 als wetenschappen uit elkaar waren gegroeid.³⁸

Ook was er Van 't Hoff, Nernst, Ostwald en anderen veel aan gelegen om aan te tonen dat thermochemici als Berthelot en Thomsen een dwaalweg bewandelden en dat veel van hun onderzoek irrelevant was voor waar het allemaal echt om draaide. Aan de hand van een zorgvuldige analyse van de strijd tussen de aanhangers van de klassieke thermochemie en die van de chemische thermodynamica heeft Dolby laten zien dat dit een te grove versimpeling is. De twee kampen spraken alleen 'niet helemaal dezelfde taal. Elk legde zijn eigen opvattingen gunstig uit, die van de andere kant juist ongunstig en kwam zo tot verschillende, maar volkomen redelijke conclusies'.³⁹ Nernst gaf bijvoorbeeld de ideeën van Berthelot in verdraaide vorm weer om ze vervolgens aan te vallen.⁴⁰ Tegelijk maakten de thermodynamici dankbaar gebruik van de metingen van reactiewarmtes die de thermochemici in groten getale aanleverden.⁴¹ Niet voor niets werden Berthelot en Thomsen vanaf de eerste uitgave van het *Zeitschrift* als medewerkers opgevoerd. De strijd tussen thermochemie en thermodynamica zou nog enige jaren aanhouden en was met name een conflict tussen generaties,⁴² daarmee het principe van Planck onderstrepend dat een nieuwe wetenschappelijke theorie pas wordt overgenomen wanneer een oude generatie uitsterft en zo ruimte creëert voor een nieuwe generatie die er vertrouwd mee wordt gemaakt.⁴³

Ook andere aspecten zijn van belang voor de ontwikkeling van de identiteit van een nieuw vakgebied. Zo dient men over een aantal klassieke geschriften te beschikken, aan de hand waarvan een gezamenlijk vocabulaire wordt gedefinieerd en de spelregels worden vastgesteld waar het wetenschappelijk discours op het nieuwe vakgebied aan moet voldoen. Een cruciaal begrip in dit verband was de affiniteit of *Verwantschaft*. Niet voor niets kreeg dat een aparte vermelding in de titel van het *Zeitschrift*. Eerder al zagen we dat de chemie door de aandacht voor affiniteit en reactiesnelheid en de introductie van mathematische en fysische methoden veel meer een dynamische wetenschap werd. Geen wonder dus dat Nernst bij de opening van zijn nieuwe laboratorium nog eens wees op het belang van de *Études*. Maar ook het verschijnen van de baanbrekende artikelen van Van 't Hoff (over oplossingen) en Arrhenius (over dissociatie van zouten) in de eerste uitgave van het *Zeitschrift* hebben in dit verband een grote rol gespeeld. Die twee artikelen zouden elk de basis

gaan vormen voor een heel nieuw onderzoeksterrein waarop tal van onderzoekers zich in de jaren daarna zouden onderscheiden.

Een volgend aspect dat de identiteit van een discipline bepaalt is een gedeelde laboratorium- en collegepraktijk, gedeelde onderzoeksprojecten en -methoden. Voor deze kant van de ontwikkeling van de fysische chemie was Wilhelm Ostwald bijna in zijn eentje verantwoordelijk:

Het gevoel van een gedeelde identiteit dat heerste onder de leden van Ostwalds onderzoeksgroep is alom beschouwd als doorslaggevend in de opkomst van dit nieuwe vakgebied. De school bracht eenheid in wetenschappelijk onderzoek dat tot dan toe alle richtingen opging, en gaf een impuls aan nieuwe onderzoeksrichtingen die van groot belang waren in de wetenschappelijke ontwikkeling.⁴⁴

In tegenstelling tot Van 't Hoff, Arrhenius en Nernst was Ostwald niet iemand die met zijn fysisch-chemische theorieën nieuwe vergezichten zou openen, maar 'zonder Ostwald, zonder zijn unieke en alomvattende chemische feitenkennis en zijn organiserende geest zou de volle betekenis van die ontdekkingen zelfs nu nog niet zijn doorgedrongen'.⁴⁵ Hij ging direct met nieuwe ideeën van anderen aan de slag en ontwikkelde die verder,⁴⁶ of zoals hij het zelf uitdrukte: 'In mij verpersoonlijkte zich de organiserende factor, zonder welke een dusdanig snelle en verreikende organisatie van een nieuw vakgebied niet kan plaatsvinden'.⁴⁷ Na zijn aankomst in Leipzig benoemde Ostwald direct drie assistenten, onder wie de eerdergenoemde Nernst voor de fysische chemie. Zijn status als docent, natuurlijk versterkt door zijn *Lehrbuch*, zorgde ervoor dat ondanks de negatieve gevoelens die in Duitsland tegenover de nieuwe richting bestonden (zie hiervoor hoofdstuk 13), het aantal studenten in de fysische chemie toenam. Daarnaast trok Ostwald ook vele buitenlandse onderzoekers naar Leipzig – vooral uit de Verenigde Staten – die maar al te graag hun kennis van dit nieuwe vakgebied wilden ontwikkelen. Zo slaagde Ostwald er meer dan wie dan ook van zijn collega's in school te maken: hij creëerde 'een tastbaar vaderland, met instituties op basis van burgerrechten en verantwoordelijkheden'.⁴⁸ Bij zijn vijftigste verjaardag telde hij 147 oud-studenten die als wetenschappelijk onderzoeker aan universiteiten waren verbonden, onder wie 34 hoogleraren in binnen- en buitenland, een aantal dat uiteindelijk nog zou verdubbelen.⁴⁹

Een laatste aspect dat bijdraagt aan de vorming van een eigen identiteit en van een maatschappelijk draagvlak van een discipline is de praktische toepasbaarheid van de ontdekkingen uit dat vakgebied, niet alleen in de industrie, maar ook op andere wetenschapsgebieden. 'Een land dat de aspiratie heeft om de hegemonie te veroveren over zowel de intellectuele als de economische wereld, moet noodzakelijkerwijs de eerste plaats claimen op het gebied van de

fysische chemie,' zo schreef de Franse fysisch chemicus Duhem.⁵⁰ In Duitsland moesten de deelstaten bijvoorbeeld bereid gevonden worden geld te investeren in kostbare faciliteiten als instituten met goed geoutilleerde laboratoria. Daarvoor was het natuurlijk van belang duidelijk te kunnen maken dat de vruchten van dat onderzoek praktisch toepasbaar waren of in elk geval ten goede zouden komen aan andere wetenschapsgebieden, zoals de geneeskunde of de fysiologie. Dat dit het geval was, blijkt onder andere uit een reeks van publicaties die rond 1900 verscheen. Medici bleken overduidelijk behoefte te hebben om kennis te nemen van de binnen de fysische chemie ontwikkelde technieken en inzichten.⁵¹ Cohen vermeldt hoe hij van twee medici, die later hoogleraar zouden worden in Utrecht en Leiden het verzoek kreeg 'hun in een reeks voordrachten een overzicht van dat gedeelte van de fysische chemie te geven, dat voor de medicus van bijzonder belang moest worden geacht. [...] Ik heb dan ook con amore aan het tot mij gerichte verzoek voldaan.'⁵² Deze lezingen werden gepubliceerd in het *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* en later ook in boekvorm uitgebracht.⁵³ Tekenend is ook dat Van 't Hoff welgeteld de helft van zijn lezingen voor de Universiteit van Chicago in 1901 besteedde aan toepassingen van het fysisch-chemisch onderzoek binnen de fysiologie en de geologie.⁵⁴

Daarnaast begon ook de industrie interesse te krijgen voor het nieuwe vakgebied. Het eerdergenoemde onderzoeksinstituut van Nernst in Göttingen, dat het tweede fysisch-chemische centrum in Duitsland was, kwam tot stand nadat de Farbenfabriken Bayer – in de persoon van industrieel chemicus en directeur van de genoemde kleurstoffabriek Henry Böttlinger – financiële steun hadden toegezegd.⁵⁵ Ook de oprichting van de Deutsche Elektrochemische Gesellschaft in 1894 geschiedde mede op initiatief van industriële chemici, die hun collega's opriepen zich te verenigen:

De snelle en schitterende ontwikkeling die de elektrochemie in onze dagen begint te tonen, is van groot belang voor Duitsland. Want ons vaderland staat zowel in de scheikunde als in de elektrotechniek aan het front en die voorname positie dient het ook op dat zo veelbelovende tussengebied, de elektrochemie te handhaven.⁵⁶

Het doel was onder andere het creëren van leerstoelen en laboratoria voor elektrochemisch onderzoek, met name aan technische hogescholen. Ongeveer tegelijkertijd werd ook een tweede fysisch-chemisch tijdschrift in het leven geroepen, het *Zeitschrift für Elektrotechnik und Elektrochemie*. Nog voor de tweede uitgave daarvan was verschenen, koos de Elektrochemische Gesellschaft het tijdschrift tot officieel huisorgaan en viel de elektrotechniek uit de naam.⁵⁷ Ostwald reageerde aanvankelijk niet erg enthousiast op dit soort ontwikkelingen, hoewel van verschillende kanten om zijn medewerking werd

gevraagd. Het ondermijnde immers de eenheid van het nog zo prille vakgebied der fysische chemie. In een brief aan een van de oprichters 'betwijfelde [hij] of de tijd voor een Deutsche Elektrochemische Gesellschaft al gekomen was'.⁵⁸ Ook over de komst van een nieuw tijdschrift zal hij niet hebben staan te juichen, omdat dat immers een directe concurrent werd van 'zijn' *Zeitschrift*.

Heel voorspoedig ging het overigens niet met dat nieuwe tijdschrift, omdat de redactie er nauwelijks in slaagde originele bijdragen binnen te halen. Nadat Nernst hierover tegen Van 't Hoff geklaagd had, stelde deze eind 1898 als toenmalig voorzitter van de Elektrochemische Gesellschaft aan Ostwald voor om tot een samenwerking van de redacties van het *Zeitschrift für physikalische Chemie* en het *Zeitschrift für Elektrochemie* te komen, zodat bijdragen 'eerlijker' over beide tijdschriften zouden kunnen worden verdeeld.⁵⁹ Ostwald was hier mordicus tegen en stelde voor om uitsluitend referaten in het *Zeitschrift für Elektrochemie* te plaatsen en alle 'zuiver wetenschappelijke artikelen' ten goede te laten komen aan het *Zeitschrift*.⁶⁰ Daarmee was het probleem echter niet opgelost en in 1900 kwamen Van 't Hoff en Ostwald overeen het werkgebied van de Elektrochemische Gesellschaft en het bijbehorende *Zeitschrift für Elektrochemie* uit te breiden tot technische toepassingen op het bredere gebied van de fysische chemie. Dit werd overigens pas in 1902 formeel door de leden goedgekeurd, waarna de vereniging onder de nieuwe naam Bunsen Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie verder zou gaan en de eerste 'vakorganisatie' voor fysische chemie een feit was geworden.⁶¹

Fysisch chemici konden dan weliswaar niet zoals hun organisch-chemische collega's bijdragen aan de daadwerkelijke synthese van verbindingen als kleurstoffen of geneesmiddelen, maar hun kennis van het verloop van chemische processen en het effect van temperatuur en druk, kon met vrucht worden toegepast bij het verbeteren en meer winstgevend maken daarvan. Geen betere illustratie daarvan is dat Ostwald zijn Nobelprijs zou krijgen voor de ontdekking van de rol die katalysatoren spelen in chemische processen, bijvoorbeeld in de chemische industrie bij de synthese van grondstoffen voor kunstmest. En Van 't Hoff zou zich na zijn komst naar Berlijn volledig toelagen op het onderzoek naar de depositie van zouten (mineralen) uit een oplossing onder invloed van omstandigheden als de concentratie of de temperatuur (zie hoofdstuk 16). Dat werk was weliswaar voortgevloeid uit zijn eigen eerdere onderzoekingen in Amsterdam naar de aard van de affiniteit,⁶² maar was tevens van belang voor de Duitse zoutindustrie zoals die zich onder andere in midden-Duitsland bij de plaats Stassfurt had ontwikkeld.⁶³ Hoewel fysisch chemici in later jaren een steeds grotere rol zouden gaan spelen in de industrie en het aantal studenten in die richting toenam, bleef er een overaanbod aan organisch chemici. In 1927 klaagde Ostwald dat de industrie een enorm gebrek had aan fysisch chemici.⁶⁴

Alle bovengenoemde ontwikkelingen vormden samen het proces van

disciplinevorming, en waar een aantal ervan in 1887 werd geïnitieerd, is het niet terecht om dat jaar als hét geboortjaar van de fysische chemie aan te wijzen. Een andere reden hiervoor is dat discussies over de *inhoudelijke* kanten van een discipline, de fysisch-chemische praktijk en theorieën, evengoed deel uitmaken van het proces van disciplinevorming. We zullen spoedig zien dat het gedachtegoed en de theorieën van Van 't Hoff, Ostwald en Arrhenius zoals die in 1887 waren geformuleerd niet zonder slag of stoot ingang zouden vinden en dat de discussies erover nog tot het begin van de twintigste eeuw zouden voortduren. Er moest nog heel wat strijd worden geleverd voordat de oorlog definitief gewonnen was. Wanneer dat zover was, is lastig te bepalen. Zeker is dat bij Ostwalds overlijden in 1932 de fysische chemie de status had bereikt die zij volgens hem en vele anderen verdiende. Er waren in Duitsland fysisch-chemische leerstoelen en onderzoeksgroepen gekomen, drie in 1900 en nog twee in 1910,⁶⁵ fysisch chemici konden voor de publicatie van hun onderzoeksresultaten terecht in speciale tijdschriften, zowel in Duitsland als in andere landen,⁶⁶ er waren beroepsorganisaties opgericht, en de fysische chemie vond meer en meer toepassing in de industrie en maakte ook een belangrijk deel uit van het curriculum van chemisch ingenieurs, medici, geologen en zelfs van organisch chemici. En als kers op de taart waren met Van 't Hoff in 1901, Arrhenius in 1903 en Ostwald in 1909 drie van de eerste tien Nobelprijzen in de scheikunde naar fysisch chemici gegaan.⁶⁷ Van 't Hoff was al veel eerder overtuigd geraakt van het succes en de zelfstandigheid van 'zijn' fysische chemie. Waar hij deze in zijn lezing van 1891, waar we dit hoofdstuk mee begonnen nog 'als een nieuw werelddeel zag opkomen uit de wateren tussen de continenten fysica en chemie', schreef hij vier jaar later: 'Ja, dat kan wel zonder overdrijving worden gezegd: waar aanvankelijk deze kleine kolonie nog een luier om kreeg en werd gevoed door de moederlanden aan beide kanten, is zij bij het opgroeien niet ondankbaar, en laat zij zien dat ze niet meer financieel afhankelijk is van haar ouders.'⁶⁸

13

Het wilde leger der Ioniërs¹

Ontmoet gij er onder de wetenschappelijke bende, die er eigenlijk niet hoo-
ren, behandel hen met zachtmoedigheid; want de gewaarwording van
misplaatst te zijn zal hun met de gevolgen, die niet kunnen uitblijven, genoeg
last en leed aanbrengen. – Vader Van 't Hoff²

De verdunningswet van Ostwald

Vanaf het moment dat hun theorieën in de pagina's van het *Zeitschrift* waren
verschenen, werkten Arrhenius en Van 't Hoff met Ostwald en diens assis-
tent Walther Nernst samen om meer steun te krijgen voor hun ideeën. Het
was Ostwald die begin 1888 een belangrijke ontdekking deed. Hij leidde een
theoretisch verband af tussen de geleidbaarheid van elektrolyten en hun dis-
sociatiegraad, de mate waarin deze in water in ionen uiteenvallen. Al sinds
1884 had hij metingen gedaan aan het geleidingsvermogen van een groot
aantal zuren en basen. Wat hem hiertoe had aangezet was, zoals we eerder
zagen, het proefschrift van Arrhenius, dat hij in juni 1884 van de auteur toe-
gestuurd had gekregen. In een serie van vijf *Elektrochemische Studien*, uitge-
voerd tussen 1884 en 1887, publiceerde Ostwald vervolgens lange rijen geleid-
baarheidsmetingen aan zuren en basen. Probleem was dat hij tussen al die
metingen wel een zeker empirisch verband wist af te leiden, maar dat niet theo-
retisch kon verklaren.³ Hij had daarom contact opgenomen met Friedrich
Kohlrausch, die zich al veel langer met dat soort metingen bezighield,⁴ maar
ook samen kwamen ze niet verder. Een probleem was dat Ostwald bij de me-
tingen die hij in Riga had uitgevoerd niet kon beschikken over echt schoon
(gedestilleerd) water, waardoor deze speciaal bij hogere verdunningen afwij-
kingen vertoonden en gecorrigeerd moesten worden voor de geleidbaarheid
van het oplosmiddel.⁵

Dat was voor hem reden om een aantal metingen nog eens over te doen,
toen hij eenmaal in Leipzig zijn nieuwe laboratorium had betrokken. Een
herhaling met grote gevolgen. Want niet alleen waren de uitkomsten veel be-
trouwbaarder, maar hij beschikte op dat moment ook over twee sleutelartike-
len, beide verschenen in de eerste band van het *Zeitschrift*: het ene waarin
Van 't Hoff zijn theorie van de verdunde oplossingen uiteen had gezet,⁶ en het
andere waarin Arrhenius zijn dissociatiehypothese had gepresenteerd.⁷ Het
was Ostwald die in de eerste maanden van 1888 de cruciale bevindingen uit
beide artikelen combineerde, een evenwichtsvoorwaarde afleidde voor zwak-
ke zuren en basen in oplossing en die relateerde aan de geleidbaarheid van de
betreffende oplossingen: 'In mijn geest had de wederzijdse hulp die beide
theorieën me boden meteen tot de voor de hand liggende conclusie geleid dat

vanaf nu de gaswetten ook ter verklaring van de evenwichten tussen de ionen gebruikt konden worden.⁸ Dat bracht hem tot wat tegenwoordig de verdunningswet van Ostwald wordt genoemd. Aanvankelijk publiceerde hij zijn bevindingen in een kort artikel in het *Zeitschrift*,⁹ om nauwelijks drie maanden later al zijn nieuwe meetresultaten en de analyses daarvan te openbaren. Interessant in dat laatste artikel is de van enthousiasme overlopende, maar opvallende eerste zin:

Zelden heeft een gelukkigere gedachte zo veel licht geworpen op brede en moeilijke onderzoeksgebieden dan het door Planck en met name Arrhenius ontwikkelde idee dat de elektrolyten in waterige oplossing in behoorlijk ruime mate in hun ionen zijn uiteengevallen.¹⁰

Als vaders van de dissociatiehypothese noemde Ostwald hier dus Planck als eerste, nog vóór Arrhenius, terwijl Planck in zijn puur theoretische beschrijving van het gedrag van elektrolyten nooit over dissociatie in ionen had gesproken maar slechts in zeer algemene zin had aangegeven dat een zout in oplossing 'een chemische verandering heeft ondergaan'.¹¹ Wat Arrhenius hiervan moet hebben gedacht laat zich raden, maar het onderstreept eens te meer dat Ostwald zich pas door Plancks theoretische overwegingen heeft laten overtuigen van de juistheid van de dissociatiehypothese.



Toestemming voor Svante Arrhenius om de colleges Theoretische Scheikunde van Van 't Hoff aan de Universiteit van Amsterdam bij te wonen.

Eind januari 1888 had Ostwald Van 't Hoff al per brief van zijn bevindingen op de hoogte gesteld, en hem speciaal gevraagd dit ook aan Arrhenius te vertellen,¹² die spoedig naar Amsterdam zou komen. Die was na een verblijf bij

Boltzmann in Graz teruggekeerd naar Zweden voor familiebezoek. Daarnaast moest hij college geven in Uppsala en wilde hij nog wat experimenten doen bij Edlund in Stockholm.¹³ Hoewel Van 't Hoff wist dat hij eind januari naar Amsterdam zou komen, hadden ze geen afspraak gemaakt over de precieze datum en het tijdstip van aankomst. Van 't Hoff had er in elk geval al wel voor gezorgd dat Arrhenius toestemming had gekregen van de faculteit om Van 't Hoff's colleges theoretische scheikunde te volgen.¹⁴ Toen op een ochtend ergens eind januari 1888 het dienstmeisje hem kwam zeggen dat er iemand aan de deur stond die nogal eigenaardig praatte en hem wilde spreken, vroeg Van 't Hoff haar om de man snel binnen te laten, in de verwachting dat dit Arrhenius moest zijn. Toen een wat armoedig geklede man binnenkwam met een enorm lange rol papier in de handen, was Van 't Hoff weliswaar verbaasd, maar bood hij de vreemde toch een stoel aan en vroeg hem naar zijn plannen. Deze barstte vervolgens uit in een lange monoloog met allerlei vreemde formuleringen. Hij zei een grensverleggende ontdekking te hebben gedaan, waarmee hij de mensheid een dienst meende te kunnen bewijzen en wilde Van 't Hoff voor zijn idee zien te winnen. Die had inmiddels wel door dat hij niet Arrhenius voor zich had en rende snel het huis uit, het dienstmeisje met de plicht opzadelend van de man af te komen. Omdat deze de dagen erna postvatte vóór het laboratorium, was Van 't Hoff gedwongen een week lang sluipe via de achteruitgang het laboratorium te betreden en weer te verlaten.¹⁵

Arrhenius meldde zich uiteindelijk op 28 januari op het laboratorium aan de Groenburgwal. Daar kwam Van 't Hoff direct ter zake: 'Hoe zit het nu toch met die dissociatie? Ik heb er veel aan gerekend of de zouten bij verdunning wel de evenwichtsformule volgen, maar dat klopt echt niet.'¹⁶ Van 't Hoff was tot die conclusie gekomen op basis van metingen aan kaliumchloride, een zogeheten sterke elektrolyt, een verbinding die in water volledig in ionen uiteenvalt.¹⁷ Nu had Arrhenius op zijn reis van Stockholm naar Amsterdam begin 1888 een tussenstop gemaakt in Kiel voor een bezoek aan Planck.¹⁸ Die was tot dezelfde conclusie gekomen als Van 't Hoff, nadat hij tevergeefs had geprobeerd om bij kopersulfaat een verband tussen geleidbaarheid en dissociatiegraad te meten. Planck vermoedde dat dat kwam omdat het lang duurde alvorens het evenwicht zich in oplossing had ingesteld, maar dat was volgens Arrhenius niet juist. Met Planck had hij daar niet verder over gesproken, maar aan Van 't Hoff legde hij uit dat deze beter een zwak zuur kon nemen. Maar daar had Van 't Hoff zelf ook al aan gedacht. Hij had de metingen die Ostwald eerder had gepubliceerd in een van zijn *Elektrochemische Studien*¹⁹ geanalyseerd en vroeg Arrhenius dat nu ook te doen. Gewapend met een van Van 't Hoff verkregen logaritmetafel toog deze aan het werk om te controleren of Ostwald's verdunningswet klopte. Arrhenius analyseerde de metingen voor een aantal zwakke zuren en overhandigde Van 't Hoff zijn berekeningen die in zijn ogen een bevredigende uitkomst te zien gaven.



Destilleertoestel voor water uit het laboratorium van Van 't Hoff in Amsterdam.

Maar die was daar helemaal niet van overtuigd en constateerde dat er nog altijd afwijkingen waren tussen Ostwalds theorie en diens metingen, met name voor azijnzuur en boterzuur.²⁰ Omdat hij vermoedde waar dat aan zou kunnen liggen, riep hij op dat moment zijn assistent Reicher bij zich en vroeg hem azijnzuur en boterzuur te destilleren, om deze verbindingen zo zuiver mogelijk in handen te krijgen. Toen Reicher met de door hem geproduceerde destillaten bij hem kwam, vroeg Van 't Hoff hem de destillatie te herhalen. En terwijl het hele laboratorium naar boterzuur begon te ruiken – de geur van ranzig geworden boter en zweet –, werd Reicher keer op keer teruggestuurd om nóg eens te destilleren. Dat ging zo enkele dagen door. Pas toen Van 't Hoff om voor Arrhenius en Reicher onnaspeurbare redenen wél tevreden was, deed hij samen met Reicher de geleidbaarheidsmetingen nog eens over.²¹ Die lieten vervolgens een prachtige overeenstemming met Ostwalds verdunningswet zien. In het artikel dat Van 't Hoff hier samen met Reicher over publiceerde, en dat hij opvallend genoeg exact dezelfde titel had gegeven als dat van Ostwald, schreef Van 't Hoff dat 'geen enkel geval van gewone dissociatie binnen zo uiteenlopende grenzen op de proef [was] gesteld'.²²

Het bovenstaande laat zien dat de verdunningswet van Ostwald naar hem is genoemd, omdat hij de stoutmoedigheid had om ondanks het feit dat niet al zijn metingen in overeenstemming waren met de theorie, toch te conclu-

deren dat de theorie juist was. Hij schreef dat ook met zoveel woorden in het artikel waarin hij voor het eerst prioriteit claimde voor zijn ontdekking: 'De formule leidt tot berekende uitkomsten die deels volkomen kloppen, deels afwijkingen vertonen, die van dezelfde orde van grootte zijn als men bij gasen heeft geconstateerd.'²³ In de ogen van een blijkbaar veel voorzichtiger Van 't Hoff was zo'n conclusie niet gerechtvaardigd. Daarom was hij metingen gaan doen aan een sterke elektrolyt, waarvoor de theorie helemaal niet bleek te kloppen. Pas toen Arrhenius hem erop wees dat voor sterke elektrolyten het gedrag bij verdunning veel moeilijker aantoonbaar was, gevoegd bij de wetenschap dat Ostwald wél overtuigd was van de juistheid van de theorie, viel bij Van 't Hoff het kwartje dat verontreinigingen in de door Ostwald gemeten zwakke zuren wel eens verantwoordelijk konden zijn voor de geconstateerde afwijkingen. De destillaties van Reicher stelden hem in staat om dat vermoeden te bevestigen.²⁴

Een opvallend aspect van de verdunningswet van Ostwald was nog wel dat deze niet op leek te gaan voor sterke elektrolyten.²⁵ Nog vreemder was het dat waar de dissociatietheorie erg omstreden was, dit zwakke punt geen aanleiding vormde voor tegenstanders om de theorie aan te vallen. Integendeel, meer dan zes jaar lang besteedde niemand er enige aandacht aan, of deed men er erg luchtig over. Zo schreef Arrhenius: 'Voor sterke elektrolyten is om tot nu toe onopgehelderde redenen de dissociatieformule niet strikt geldig.'²⁶ Pas in 1895 analyseerde de Duitse chemicus Max Rudolphi als eerste een grote hoeveelheid metingen aan sterke elektrolyten, en wist hij het dissociatiegedrag bij verdunning te verklaren met een aangepaste, zuiver empirische vorm van Ostwalds verdunningswet.²⁷ Van 't Hoff reageerde hier direct op met een eigen empirische formule, die de metingen voor veel sterke elektrolyten zelfs beter zou beschrijven.²⁸ Hij vond het blijkbaar zo belangrijk deze formule te publiceren dat hij het artikel erover schreef terwijl hij met zijn familie op wandelvakantie was in het Zwarte Woud, weg van alle beslommingen rond zijn vertrek uit Amsterdam en benoeming in Berlijn (zie hiervoor het volgende hoofdstuk). Het artikel van Rudolphi en dat van Van 't Hoff vormden de voorhoede van een lange reeks aan studies, waarin onderzoekers op basis van steeds andere aannames en kleine wijzigingen in de analyses de metingen voor sterke elektrolyten meenden te kunnen beschrijven.²⁹ Geen enkele daarvan bood echter dieper inzicht in de achtergrond van het probleem. Pas in het begin van de twintigste eeuw publiceerden verschillende theoretici oplossingen voor het probleem van de sterke elektrolyten, waarbij ze er allemaal van uitgingen dat deze in water volledig gedissocieerd zijn.³⁰ De definitieve oplossing kwam pas in 1923, met het werk van Peter Debye en Erich Hückel.³¹ Zij wisten de sterke elektrostatische krachten die de positief en negatief geladen ionen in oplossing op elkaar uitoefenen op de juiste manier in rekening te brengen.

In Amsterdam werkte Arrhenius de daaropvolgende maanden aan twee onderwerpen. Allereerst ontwikkelde hij een theorie voor zogeheten *isohydrische* oplossingen, oplossingen waarvan de mate van dissociatie niet verandert wanneer men ze met elkaar mengt, en toetste zijn theorie aan gepubliceerde meetresultaten.³² Daarnaast deed hij zelf metingen aan de vriespuntsverlaging van een aantal oplossingen, en wel in het bijzonder oplossingen die afwijkingen leken te vertonen. Het waren allemaal herhalingen van experimenten die eerder door Raoult waren gepubliceerd.³³ Arrhenius vermeldde later speciaal dat de door hem gebruikte chemicaliën 'met bijzondere aandacht voor de zuiverheid ervan' door Van 't Hoff zelf waren uitgekozen.³⁴ En met een bevredigend resultaat: bijna alle metingen die eerst afweken, bleken alsnog in overeenstemming te zijn met de theoretisch voorspelde waarden. Daarop vertrok Arrhenius eind april weer uit Amsterdam. Hoewel zich een innige vriendschap tussen Arrhenius en Van 't Hoff en hun beider gezinsleden zou ontwikkelen, die tot ver na de dood van Van 't Hoff zou voortduren, vond Arrhenius zijn eerste verblijf in Amsterdam niet erg aangenaam. Dat had niet zozeer te maken met het dagelijks werk in het laboratorium, maar veel eerder met het sociale leven daarbuiten. Hij beklagde zich tegenover Ostwald dat men elkaar buiten het werk nauwelijks zag:

De Hollanders schijnen zover ik dat nu kan beoordelen, geen behoefte te hebben aan een gezellig samenzijn in een kroeg, ze drinken ook bijna niets, maar gaan om zich te ontspannen naar een afschuwelijk soort van muziekcafés, waarvan er hier talloze zijn. [...] Er moeten hier toch ook erg goede gelegenheden voor vermaak zijn, zoals toneelstukken (zowel Duits als Frans), en concerten (klassiek en populair) etc. Het zal alleen saai zijn om daar in mijn eentje heen te moeten gaan.³⁵

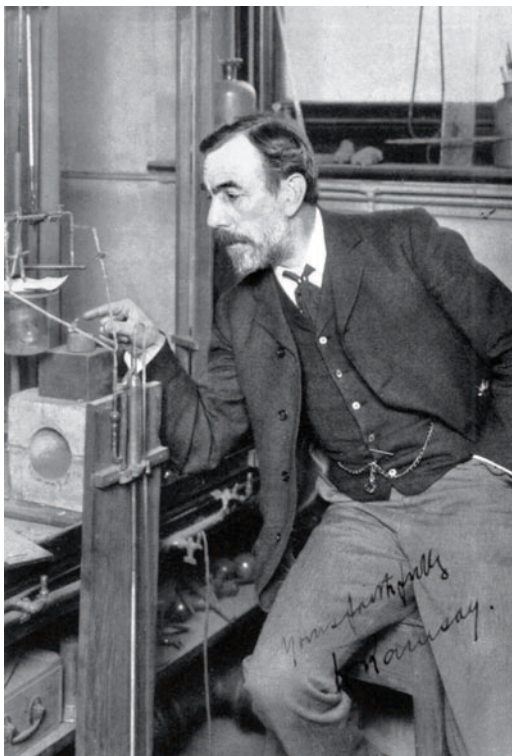
Reacties uit Duitsland

Zo drongen met enig vallen en opstaan de theorie van de verdunde oplossingen en de dissociatiehypothese langzamerhand door in de scheikundige wereld. Maar er bleef ook veel weerstand tegen bestaan. Planck liet Arrhenius weten dat 'de scheikundigen', en wel speciaal zijn collega Albert Ladenburg, hoogleraar scheikunde in Kiel, op geen enkele manier wilden accepteren dat zouten in oplossing gedissocieerd zijn.³⁶ Ook Ostwald werd naar eigen zeggen vaak gewaarschuwd om zich niet zo zonder voorbehoud te profileren als aanhanger van de dissociatiehypothese.³⁷ Maar meestal bleef het bij dit soort vage suggesties; niemand was blijkbaar bereid concrete bezwaren, laat staan alternatieve verklaringen op schrift te stellen. De eerste die dat wél deed was de zoon van Gustav Wiedemann, Eilhard, die hoogleraar natuurkunde in Erlangen was geworden. In een kort artikel betoogde hij onder andere dat zich tijdens metingen van de vriespuntsverlaging ijskristallen vormden, waar-

door de hoeveelheid vloeibaar water afnam en concentratieverschillen optraden die volgens hem de gemeten veranderingen ook konden verklaren.³⁸ In een weerwoord dat in dezelfde uitgave, direct achter Wiedemanns artikel werd gepubliceerd – het voorrecht van een hoofdredacteur – voerde Ostwald aan dat als dat het geval zou zijn, dit ook effect zou moeten hebben op de vriespuntsverlaging van niet-elektrolyten; en dat was nooit waargenomen.³⁹ Planck liet een paar weken later op theoretische gronden zien dat Wiedemanns bezwaar niet opging.⁴⁰

Na deze eerste schermutselingen zetten, zoals Ostwald vele jaren later schreef, de tegenstanders 'hun aanvallen in persoonlijke uitspraken en door beïnvloeding van studenten voort'.⁴¹ De tegenstand kwam vooral uit Berlijn. Dat had Planck al gemerkt toen hij daar in 1890 een lezing over elektrolyten gaf voor de Physikalische Gesellschaft. Na zijn verhaal bleef het angstig stil, totdat de voorzitter, de eerbiedwaardige fysioloog Du Bois-Reymond, losbarstte dat de gevonden overeenkomst tussen theorie en experiment misschien wel op toeval berustte en 'dat het idee dat er zich in een keukenzoutoplossing vrije natriumatomen rond bewegen toch voor iedereen die ook maar een beetje chemisch denken kon onaanvaardbaar was'.⁴² Toen Ostwald eenmaal in Leipzig was begonnen met zijn onderzoek, merkte hij ook dat er aanvankelijk maar weinig Duitse studenten voor kozen om bij hem te komen werken, iets wat hij toeschreef aan de 'zwijgende vijandschap tegenover de nieuwe richting'.⁴³ Dat zijn groep toch groeide, was te danken aan 'toevallige praktikanten die zich aanmeldde omdat elders geen plaats meer was. [...] Dat waren gemiddelde studenten die zich daarna in de chemische industrie in grote aantallen nuttig hebben gemaakt'.⁴⁴

Een verdere illustratie van de vijandige houding ten opzichte van de 'nieuwe chemie' was dat August Kundt, hoogleraar natuurkunde in Berlijn, zijn studenten niet toestond deze wetenschappelijk ongefundeerde theorie te bediscussiëren en ze zelfs dreigde te laten zakken als ze het waagden om over ionen te spreken.⁴⁵ Toen Ostwald samen met zijn toenmalige assistent Walther Nernst begin 1889 op bezoek was bij Kundt in Berlijn, vertelde deze dat hij zich erg had gestoord aan Ostwalds bewering dat 'er in een positief geladen elektrolyt een overschot aan positief geladen ionen zou zijn, bijvoorbeeld waterstofionen in een zuur'.⁴⁶ Dat achtte hij onmogelijk en hij daagde Ostwald en Nernst uit dit experimenteel aan te tonen. Nu was Ostwald al een tijdje over zo'n experiment aan het nadenken. Dat weten we omdat hij hier ook al over had gecorrespondeerd met de Schotse chemicus William Ramsay. Die had zich als een van de weinige Britten positief getoond tegenover de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de fysische chemie, was ook vanaf het begin medewerker van het *Zeitschrift* en had er persoonlijk voor gezorgd dat Van 't Hoff's artikel over *Die Rolle des osmotischen Druckes* was vertaald en in Engeland was verschenen.⁴⁷



De Schotse chemicus William Ramsay (1852-1916), die de ideeën van de Ioniërs omarmde en in het Verenigd Koninkrijk introduceerde.

In een brief aan Ramsay uit begin 1888, ruim een jaar vóór de discussie met Kundt in Berlijn, beschreef Ostwald een idee voor een experiment waarbij een dunne metaalelektrode werd geplaatst in een zwavelzuuroplossing.⁴⁸ Wanneer de elektrode negatief geladen werd, zou er volgens Ostwald aan de tip daarvan een klein belletje waterstofgas worden ontwikkeld. En dat zou volgens hem zelfs gebeuren *zonder* dat er door de aanwezigheid van een tweede elektrode in dezelfde oplossing een elektrische stroom zou gaan lopen en elektrolytische reacties zouden worden opgewekt. Ramsay had in die periode alleen nog geen duidelijk begrip van wat er zich in elektrolytoplossingen afspeelde. In zijn leerboek *A system of inorganic chemistry* had hij weliswaar de theorie van de verdunde oplossingen opgenomen, maar noemde hij ionen 'de producten die uit een zoutoplossing worden verkregen onder invloed van een elektrische stroom'.⁴⁹ Misschien omdat het echte belang van Ostwalds *Gedankenexperiment* hem ontging, besprak hij het met Oliver Lodge, een van zijn fysische collega's. Lodge geloofde niet dat het ooit zou werken en wees er bovendien op dat de hele opstelling wel heel goed geïsoleerd moest zijn, omdat er anders toch een stroom zou gaan lopen.

Tot aan het bezoek bij Kundt had Ostwald geen tijd gehad om het experiment daadwerkelijk te doen. Maar eenmaal in de trein terug van Berlijn naar

Leipzig overlegde hij met Nernst hoe de opstelling eruit moest zien en de dagen erna voerden ze samen het experiment uit: inderdaad waren er met een loep minuscule belletjes waterstofgas te zien. Ze lieten dat direct per telegram aan Kundt weten, maar die bleef stug volharden in zijn afwijzing.⁵⁰ Nog diezelfde week ging er een artikel naar het *Zeitschrift*,⁵¹ en werd ook Ramsay per brief op de hoogte gesteld.⁵² Ook Lodge, die weer via Ramsay van de resultaten hoorde, bleek nog altijd niet overtuigd. Meer dan een jaar later waagde hij het zelfs om tijdens de bijeenkomst van de British Association for the Advancement of Science er openlijk aan te twijfelen of Ostwald het experiment wel echt had uitgevoerd.⁵³ Dat was overigens maar een van de vele schermutselingen die plaatsvonden op die betreffende bijeenkomst in Leeds, die 'de eerste Ionische invasie van Engeland' markeerde.⁵⁴ De bijeenkomst is beroemd geworden door de discussies die er gehouden zijn en ontbreekt in geen enkel historisch overzicht van de fysische chemie.

De bijeenkomst van de British Association van 1890 in Leeds

De eerste van de Ioniërs die de confrontatie met zijn Engelse collega's had opgezocht was Arrhenius. Hij had zijn dissociatiehypothese voor de allereerste keer gedeeld in een brief aan de Engelse natuurkundige Oliver Lodge van mei 1887. Dat deed hij vlak nadat hij in een briefwisseling met Van 't Hoff over diens osmotische theorie het idee had gekregen voor zijn dissociatiehypothese. Lodge had het jaar daarvoor al de twee delen van Arrhenius' proefschrift besproken voor het Committee on Electrolysis, dat in Engeland in het leven was geroepen binnen de British Association for the Advancement of Science.⁵⁵ Dat had Arrhenius er weer toe gebracht om te reageren, en zo was voor hem een medium beschikbaar gekomen waarin hij zijn ideeën kon publiceren. De claim in zijn brief van mei 1887 dat de in water opgeloste ionen verantwoordelijk waren voor de geleiding had de toorn gewekt van Henry Armstrong, als secretaris van de Britse Chemical Society een man van enige statuut:

Ik vind het lastig te geloven dat KOH voor 93% gedissocieerd zou zijn. [...] Als water in staat is om voor een zo grote mate van dissociatie te zorgen, dan is het niet redelijk te veronderstellen dat een zo actieve verbinding geen aandeel heeft in de elektrolyse als zodanig!!⁵⁶

Deze woorden vormden de inleidende beschietingen voor een discussie die de bijeenkomsten van de British Association in de jaren daarop zouden bezighouden.⁵⁷

In Engeland waren bijna alle chemici die zich bezighielden met het bestuderen van oplossingen aanhangers van de *hydraattheorie*. Volgens die theorie was het oplossen van zouten en zuren in water een chemisch proces,

dat gepaard ging met de vorming van welgedefinieerde verbindingen van het betreffende zout of zuur met water. Die theorie was oorspronkelijk geponeerd door Berthelot, maar verder verspreid en experimenteel getoetst door Dimitri Mendeleev, de vader van het Periodiek Systeem. Hij publiceerde in 1886 een analysemethode waarmee hij claimde te kunnen laten zien dat er zich inderdaad specifieke hydraten vormden in een oplossing van zwavelzuur in water.⁵⁸ Daartoe beschouwde hij de dichtheid van een zwavelzuuroplossing bij toenemende concentratie. Naarmate er meer zwavelzuur is opgelost, neemt de dichtheid van de oplossing toe. Dat gaat niet gelijkmatig; aanvankelijk neemt de dichtheid sterk toe, waarna bij hogere concentraties de toename weer afvlakt. Dit gedrag was volgens Mendeleev het gevolg van de vorming van hydraten, verbindingen tussen moleculen van zwavelzuur en water in een vaste verhouding. Door de data op een bepaalde manier te analyseren,⁵⁹ verkreeg hij een grafiek die was opgebouwd uit een aantal rechte lijnen, elk onder een andere hoek. Die vertegenwoordigden volgens hem verschillende hydraten, die op hun beurt de eigenschappen van de oplossing – zoals de geleidbaarheid – beïnvloedden.

Mendeleevs resultaten werden direct omarmd door Engelse chemici, onder wie de eerdergenoemde Armstrong en zijn Londense collega P.S.U. Pickering.⁶⁰ Dat kwam hen en Mendeleev op een felle reactie te staan van Arrhenius, die de grote Russische chemicus beschuldigde van het volledig veronachtzamen van veel wat met de dissociatietheorie was bereikt. Ook diens Engelse navolgers kregen er flink van langs: 'De manier van weergeven [zoals Mendeleev dat had geïntroduceerd] ontbeert elke experimentele grondslag.'⁶¹ De discussies met Arrhenius waren aanleiding om voor de eerstkomende bijeenkomst van de British Association, die in september 1890 in Leeds zou worden gehouden, ook de 'Ionists' uit te nodigen. Tot zijn grote spijt moest Arrhenius zelf afzeggen. Hij had zijn zinnen gezet op een aanstelling aan de Högskola in Stockholm, en wilde daarom die stad niet verlaten, omdat hij anders uit beeld zou zijn en geen gelegenheid zou hebben om voor zijn zaak te pleiten.⁶² Zijn bijdrage aan de conferentie zou worden voorgelezen door een van Ostwalds voormalige studenten, James Walker, die op dat moment in Edinburgh werkte. Ostwald en Van 't Hoff daarentegen beschouwden de uitnodiging, zoals Ostwald zich in 1927 herinnerde, 'als een uitgelezen en zeer welkome gelegenheid om het Evangelie onder de heidenen te verkondigen.'⁶³

Ostwald reisde via Amsterdam om samen met Van 't Hoff naar Engeland over te steken. Hij ontmoette er voor het eerst het gezin van Van 't Hoff, waarvan de kinderen ongeveer dezelfde leeftijden hadden als die van hemzelf,⁶⁴ en werd door Van 't Hoff ook meegenomen naar diens ouders in Rotterdam. Daarvandaan vertrok elke dag een stoomboot richting Hull, waarna 'ze er dan binnen 24 uur zouden zijn'. Van 't Hoff waarschuwde Ostwald nog dat hij van Ramsay gehoord had dat ze 'een aanval kunnen verwachten van de

kant van Armstrong en Pickering, en misschien ook van Fitzgerald; neem dus je woordenboek mee.’⁶⁵ Dat dit laatste in elk geval voor Ostwald geen loos advies was, werd duidelijk toen Ostwald al op de eerste dag flink wat moeite bleek te hebben met het Engels van zijn gastheer in Leeds en van de eerste sprekers op de conferentie.⁶⁶ Gelukkig, zo gaf hij toe, was men in Engeland gewoon ‘to read a paper’, waarvan de gedrukte tekst van tevoren was uitgedeeld. Zo kon hij tijdens de tamelijk langdradige eerste dag enigszins wennen aan het Engels. De volgende dag was het Pickering die de discussie aftrapte, met een lang verhaal over de hydraattheorie en een weerlegging van de theorieën van Van ’t Hoff en Arrhenius, waarvan hij volgens Ostwald maar een zeer oppervlakkige kennis had.⁶⁷

Het eerste vuurwerk kwam voort uit de bijdrage van Arrhenius. Hij had metingen van Pickering aan de vriespuntsverlaging van zwavelzuuroplossingen geanalyseerd,⁶⁸ en kon laten zien dat wanneer je aannam dat zwavelzuur in water deels in ionen uiteenviel, de metingen keurig in overeenstemming waren met zijn theorie. Arrhenius concludeerde:

In plaats van dat deze experimenten van de heer Pickering dan eindelijk ‘alle bestaande fysische theorieën van de oplossingen’ en wel speciaal ‘de theorie van de osmotische druk’ weerleggen, bieden ze het meest sprekende voorbeeld van de toepasbaarheid van Van ’t Hoff’s theorie en de hypothese van de elektrolytische dissociatie op verdunde oplossingen, waar deze theorieën tot nog toe uitsluitend betrekking op hebben.⁶⁹



Percival Spencer Umfreville Pickering (1858-1920), een van de grootste tegenstanders van de dissociatietheorie van Arrhenius.

Volgens de notulen van de bijeenkomst suggereerde Ramsay op dat moment, uit mededogen voor zijn landgenoot, dat er afgezien van ionen in de oplossing toch ook ingewikkelde moleculaire complexen aanwezig moesten zijn. In een veel beter gefundeerde bijdrage dan die van Pickering zetten hierna Armstrong en Fitzgerald uiteen wat hen (en veel andere Engelse chemici en fysici) tegenstond in de dissociatietheorie. Die ging immers volledig tegen de ervaring van elke chemicus in dat waar kalium heftig reageert met water, kaliumchloride in water zonder enige merkbare reactie uiteenviel.⁷⁰ Van 't Hoff wees er echter op dat kaliumionen 'als gevolg van hun enorme elektrische lading' zich anders gedroegen dan kaliumatomen.⁷¹ En zo ging de discussie op en neer, waarbij met name Armstrong tegen het einde van de bijeenkomst toegaf dat de goede overeenkomst tussen metingen en theorie een belangrijke indicatie was voor de juistheid van de dissociatietheorie. Toch zou hij zich zijn hele verdere leven blijven verzetten tegen de theorie der verdunde oplossingen en de dissociatietheorie. In zijn verzamelde essays heeft hij het vooral gemunt op Ostwald, die mensen 'wist om te praten om in Arrhenius en Van 't Hoff te geloven, twee impulsieve jongelieden, onervaren als scheikundigen, die het geniale inzicht hadden om voor zichzelf te gaan denken, zij het op basis van nogal losse aannames. Ostwald riep zichzelf uit tot hun schildknaap en heraut. Hij schreef boeken over hen en begon zelfs een tijdschrift om de cult verder te verspreiden. Ten slotte stichtte hij de Ionic Suicide Club, een moleculaire Ku Klux Klan.'⁷² Met uitspraken als deze maakte hij zijn naam waar als 'dappere maar koppige voorvechter van een verloren zaak'.⁷³

Een opsomming van de argumenten van voor- en tegenstanders doet geen recht aan de levendigheid van de discussies die zich in die eerste dagen van september 1890 buiten de conferentiezaal in Leeds moeten hebben afgespeeld. Zo was er op zaterdag een excursie naar Fountains Abbey,⁷⁴ maar 'te midden van de schoonheden van Studley Royal ging het over niets anders dan de ionentheorie'. Op zondag was het zelfs nog erger:

De discussie begon tijdens de lunch toen Fitzgerald de vraag opwierp naar de moleculaire integriteit van het zout in de soep en de tafel rondliep met een diagram waarmee hij Van 't Hoff en Ostwald in verwarring wilde brengen. Na de lunch trok het gezelschap zich terug in de tuin alwaar het gestaag groeide door de komst van langslopende onderzoekers.⁷⁵

De discussies werden gedurende de middag voortgezet waarbij felheid en hilariteit elkaar afwisselden. Een belangrijke rol was weggelegd voor Ramsay, die als overtuigd Ioniër niet alleen Ostwald hielp met diens 'onvolkomen en explosieve' Engels, maar ook met veel humor de partijen nader tot elkaar pro-

beerde te brengen. Voor Ramsay en Ostwald vormde de bijeenkomst het begin van een lange vriendschap. Ramsay schreef aan zijn vrouw dat Ostwald 'zelfs aardiger was dan Van 't Hoff, en dat zegt een heleboel'.⁷⁶ Van 't Hoff vond alle ophef maar niks. Terug in Amsterdam deed hij Arrhenius verslag van de gebeurtenissen:

Ook ik had een tamelijk uitvoerige lezing voorbereid om weerwoord te geven aan Pickering, maar de president gaf me pas laat op de dag het woord, toen iedereen al uitkeek naar de lunch, want al een uur daarvoor was iedereen verzocht vanwege de lunch niet langer dan tien minuten te spreken; het leek me dat het beter was iets bekends te eten dan iets onbekends te horen, en daarom hield ik het erg kort. Uiteindelijk was alles toch nauwelijks de moeite waard en maakte het op mij de indruk van een komedie, waarin de antiosmotici met opgeheven hoofd proberen het wereldtoneel te verlaten.⁷⁷



Cartoon van Van 't Hoff gepubliceerd in een Engelse krant ten tijde van de BAAS-bijeenkomst in Leeds.

Gaande de bijeenkomst dacht Ostwald 'de knapste koppen onder de tegenstanders' te hebben overtuigd, en 'verdween de hydraattheorie ongemerkt uit het zicht'.⁷⁸ Niets was minder waar. De discussies zouden de volgende tien jaar niet aflaten en af en toe opvlammen, zonder dat er een duidelijke winnaar uit de bus kwam. De theorieën van Van 't Hoff en Arrhenius gaven weliswaar correcte voorspellingen voor het gedrag van zwakke elektrolyten in verdunde, waterige oplossingen, maar bleken minder goed toegerust om te voorspellen wat er gebeurde met sterke elektrolyten of in andere oplosmiddelen. Er zouden nog tal van pogingen volgen om afwijkingen van de theorie te verklaren op basis van de vorming van complexen tussen elektrolyt en oplosmiddel,⁷⁹ iets waar met name Arrhenius erg gevoelig voor was. Hij kon sowieso slecht tegen kritiek en had voortdurend de neiging om de discussie aan te gaan, helemaal wanneer hij enige twijfel meende te bespeuren aan zijn theorie. Tussen 1888 en 1894 schreef hij niet minder dan elf – soms erg felle – artikelen om die te verdedigen.⁸⁰ Toen hij in 1891 de notulen van de vergadering in Leeds onder ogen kreeg, was hij des duivels: 'De Engelsen zijn werkelijk wetenschappelijk incompetent, en daarbij in hoge mate arrogant,' zo schreef hij aan Van 't Hoff.⁸¹ Hij was vooral kwaad op Ostwald dat deze de notulen in vertaling en zonder enig weerwoord wilde opnemen in het *Zeitschrift*, waardoor de ideeën van Pickering een brede verspreiding zouden krijgen. Dat mocht niet gebeuren, 'deze onnozele onbeschaamdheid mag niet ongestraft blijven'.⁸² Van 't Hoff reageerde direct, zowel met een briefkaartje aan Ostwald waarin hij hem verzocht de tekst nog even op te houden en niet naar de drukker te sturen vóórdat iets van Arrhenius was vernomen⁸³ én met een uitgebreid antwoord aan Arrhenius om het toch allemaal niet zo zwaar op te nemen:

Je kunt nu eenmaal niet de meningen van anderen dwingen en richt eerder schade aan als je dat toch probeert; het leidt tot persoonlijke irritatie en dat maakt veel kapot: alleen als een zaak wordt doodgezwegen valt er met discussie wat te winnen. [...] Ook met de elektrolytische dissociatie is er geen haast bij, wat bent u in vijf jaar al ver gekomen en hoe veel wint de zaak nog elke dag aan erkenning. [...] We moeten de zaak denk ik niet forceren, maar deze tot volle wasdom laten komen, en het beste wat we kunnen doen is met onaanvechtbare, gedegen experimenten komen, ook al liggen die op wat andere gebieden, opdat ook zij die de partijlijn niet volgen zien dat we zo gek nog niet zijn.⁸⁴

Van 't Hoff's woorden misten hun uitwerking niet: de weergave van de gebeurtenissen in Leeds verscheen zonder enig commentaar van Arrhenius.⁸⁵

Na 1890 nam het aantal medestanders van de Ioniërs gestaag toe. Dat kwam deels door het zendingswerk dat Ostwald verrichtte, zowel tijdens conferen-

ties als in zijn laboratorium.⁸⁶ Hij mocht dan moeite hebben gehad om Duitse studenten enthousiast te krijgen voor zijn onderzoek, er waren des te meer buitenlanders die maar al te graag een tijdje bij hem de kunst wilden komen afkijken. Met name in de Verenigde Staten groeiden de universiteiten als kool en veel onderzoekers kwamen naar Europa om daar ervaring op te doen en terug te keren naar hun vaderland als gekwalificeerde docenten. De jaren 1870-1900 vormden het hoogtepunt wat betreft de stroom Amerikanen die naar Duitsland kwamen voor hun studie: ze bewonderden de Duitse idealen van onderzoek en academische vrijheid, begeerden een promotie in Duitsland als teken van kwaliteit en daarbij was het ook nog goedkoop om in Duitsland te studeren.⁸⁷ Een van de eersten die naar Leipzig kwam, was de Amerikaanse scheikundige Arthur Noyes die eenmaal teruggekeerd een onderzoekslaboratorium voor fysische chemie oprichtte op het Massachusetts Institute of Technology in Boston.⁸⁸ Datzelfde deed Harry Jones aan de Johns Hopkins University in Baltimore. Maar ook de Schot James Walker, Arrhenius' woordvoerder in Leeds, verrichtte veel zendingswerk om de nieuwe theorieën ook in Groot-Brittannië te verspreiden.⁸⁹

Zo kwamen er langzamerhand meer scheikundigen die zich openlijk achter de nieuwe ideeën schaalden. August Horstmann sprak zich al in een vroeg stadium positief uit over de dissociatiehypothese, al tekende hij tegelijk aan dat er 'van chemische zijde grote bezwaren [tegen] worden ingebracht'.⁹⁰ Zelfs een verklaard tegenstander als Kundt zei eind 1890 'volledig naar het kamp van de Ioniërs te zijn overgestoken', zodat er zelfs 'in Berlijn op Rüdorff na geen enkele tegenstander van de ionen meer bestaat'.⁹¹ Ook een grootheid als Hermann von Helmholtz liet zich positief uit over de nieuwe fysisch-chemische theorieën:

Deze theorieën hebben zich al vele malen als uiterst vruchtbaar laten kennen en hebben tot een grote hoeveelheid daadwerkelijk juiste conclusies geleid, ook al bevatten ze een aantal willekeurige aannamen, die volgens mij niet bewezen lijken te zijn.⁹²

Ten slotte werden de nieuwe theorieën op fysisch-chemisch gebied besproken in de net uitgekomen handboeken. We zagen eerder al dat Ramsay Van 't Hoff's artikel vertaalde en diens theorie in zijn handboek uiteenzette.⁹³ In Duitsland nam Lothar Meyer de dissociatiehypothese van Arrhenius op in zijn veelgelezen handboek van de theoretische chemie,⁹⁴ maar negeerde opvallend genoeg Van 't Hoff's ontdekkingen over verdunde oplossingen 'op smadelijke wijze'.⁹⁵ Wat de redenen daarvoor precies waren, zou spoedig duidelijk worden.

Want onvermijdelijk kwam ook Van 't Hoff onder vuur te liggen. Naarmate er meer metingen werden gedaan aan het bepalen van molecuulgewich-

ten door middel van de vriespuntsverlaging, kwamen er ook afwijkingen aan het licht. Deels gebeurde dat in zijn eigen Amsterdamse laboratorium door de latere Groningse hoogleraar Johan Fredrik Eykman. Deze werkte na zijn terugkeer uit Japan, waar hij in Tokyo hoogleraar farmacie was geweest, vanaf 1887 enige tijd aan de zijde van Van 't Hoff.⁹⁶ Die was daar overigens niet erg over te spreken en doorleefde naar eigen zeggen met Eykman 'de onaangenaamste dagen in het laboratorium'. Zo vond hij het lastig

steeds al mijn glaswerk bij hem in gebruik te zien, onafwaschbaar door stroperigen inhoud en dan zijn toegesmolten buizen in waterbad, dat hij af en toe droog liet koken; het privaatlaboratorium was toen gevaarlijker dan het Turksch-Grieksch oorlogsterrein en, het ergste van alles de neiging bij Eykman tot voortdurend praten.⁹⁷

Toen echter ook bij metingen van de Italiaan Paterno afwijkingen aan de dag traden, kwam Van 't Hoff met een theoretische verklaring, waarbij hij ervan uitging dat bij afkoeling niet alleen het oplosmiddel vast werd, maar ook een deel van de opgeloste stof werd ingesloten, en wel in een bepaalde verhouding met het oplosmiddel.⁹⁸ Van 't Hoff beschouwde het resulterende kristallijne mengsel als een 'vaste oplossing', die zich analoog zou gedragen aan verdunde oplossingen en dus ook gehoorzaamde aan de door hem afgeleide wetten die daarvoor gelden. Om zijn theorie te toetsen droeg hij Albert van Bijlert, een van zijn studenten, op om systematisch naar de betreffende gevallen te kijken.⁹⁹ Deze bepaalde in welke mate het oplosmiddel mede uitkristalliseerde, maar liet een grondige analyse van het effect daarvan achterwege. Van 't Hoff zou zich hierna niet meer met deze 'theorie van de vaste oplossingen' bezighouden. Nadat hij er jaren later op een conferentie in Frankfurt op was aangesproken, schreef hij aan Ostwald: 'Het is ten slotte echte pech als men je voor een soort van autoriteit houdt, en je verantwoordelijk maakt voor elke afwijking'.¹⁰⁰ Pas met het werk van Bakhuis Roozeboom en Bruni kregen de vaste oplossingen ondersteuning op basis van de fasenleer van Gibbs.¹⁰¹

De osmotische theorie betwist

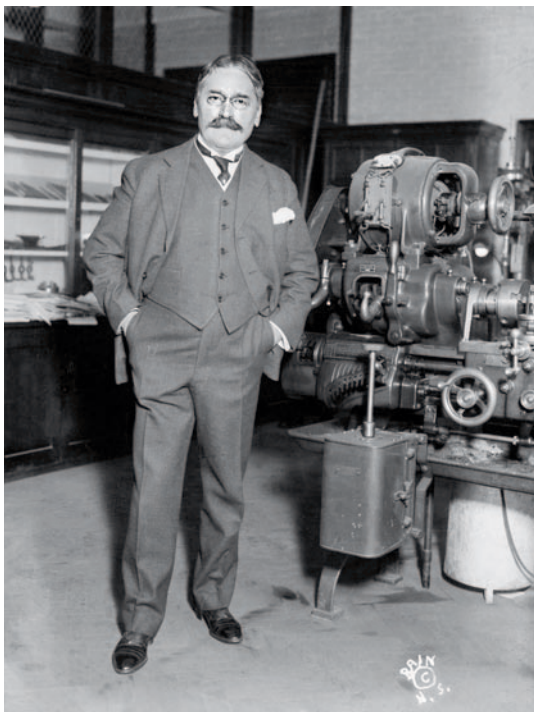
De grootste steen des aanstoots in het werk van Van 't Hoff in de jaren negentig was toch diens theorie van de osmotische druk. Vanaf het moment dat Van 't Hoff had gewezen op de overeenkomst tussen de druk van een gas en de osmotische druk van een oplossing, waren er vragen gerezen hoe die osmotische druk dan wel tot stand kwam. Niemand betwistte dat de osmotische druk van een oplossing kon worden berekend uit de temperatuur en het volume ervan met een formule zoals die ook eerder voor gassen door Gay-Lussac was afgeleid: $pV = RT$. Dat had Van 't Hoff op basis van de experimenten van Pfeffer en anderen laten zien. Maar dat betekende niet automatisch

dat ook het mechanisme dat verantwoordelijk was voor het optreden van de osmotische druk hetzelfde was als dat voor de druk van een gas. Volgens de door James Clerk Maxwell en Ludwig Boltzmann ontwikkelde kinetische gas-theorie, was de druk van een gas het gevolg van botsingen van de snel bewegende moleculen onderling en met de wand van het vat. In zijn artikel in het *Zeitschrift*, waarin hij in 1887 zijn theorie uiteenzette, wijst Van 't Hoff duidelijk op deze analogie met gassen:

het mechanisme dat naar onze huidige inschattingen verantwoordelijk is voor de druk van een gas en de osmotische druk van een oplossing [is] in wezen hetzelfde: het betreft in het eerste geval botsingen van gasmoleculen tegen de wand van het vat en in het laatste geval botsingen van de moleculen van de opgeloste verbinding tegen het halfdoorlatende membraan, omdat immers de moleculen van het aan twee kanten aanwezige oplosmiddel die het membraan passeren, hiervoor niet in aanmerking komen.¹⁰²

Maar een paar regels eerder stelde hij dat het binnendringen van water in een oplossing, dat de feitelijke oorzaak is van het ontstaan van een osmotische druk, het gevolg zou zijn van 'de wateraantrekkende werking van de oplossing'.¹⁰³

De eerste die had gewezen op het raadsel van het mechanisme van de osmotische druk was Michael Pupin, een Servisch-Amerikaanse chemicus die werkte bij Von Helmholtz en Kundt in Berlijn. In zijn proefschrift uit 1889 beschreef hij de eigenschappen van oplossingen vanuit het gezichtspunt van de door Von Helmholtz geïntroduceerde vrije energie.¹⁰⁴ Hij was het eens met Van 't Hoff dat voor oplossingen van *gassen* in een vloeistof de wet van Avogadro gold: twee oplossingen met gelijke hoeveelheden opgeloste gassen oefenen dezelfde osmotische druk uit. Hij bestreed alleen dat dit ook voor oplossingen van zouten zou gelden, omdat de osmotische druk niet net als de druk van een gas het gevolg zou zijn van botsingen van opgeloste deeltjes tegen de wand. Als dat wel zo zou zijn, zo berekende hij, dan zou een oplossing van 50 procent calciumchloride in water een osmotische druk uitoefenen van 53 atmosfeer, zodat deze oplossing nooit in een dunwandige glazen fles zou kunnen worden bewaard, omdat die direct zou ontploffen!¹⁰⁵ Volgens Pupin was de osmotische druk het gevolg van de aantrekkingskracht van een oplossing op de watermoleculen aan de andere kant van het membraan. Hierboven zagen we al dat ook Van 't Hoff die mogelijkheid had genoemd. Op zich was daar niets mis mee. Maar Pupin ging verder en viel met name Arrhenius aan in lijn met de op dat moment in Berlijn heersende afkeer van de dissociatiehypothese. Zo beweerde hij onder meer dat volgens Arrhenius 'de door Clausius en Williamson als eersten opgestelde dissociatiehypothese een noodzakelijk gevolg moest zijn van de osmotische druk, dat wil zeggen, van de botsingen van zoutmoleculen tegen de vatwanden en tegen elkaar'.¹⁰⁶



Michael Pupin (1858-1935) die als eerste kritiek uitoefende op de osmotische-druk-theorie van Van 't Hoff.

Gezien dit soort uitspraken over de prioriteit van de dissociatiehypothese zal Arrhenius bijkans tegen het plafond zijn gevlogen. Ook Nernst was kwaad, omdat Pupin hem, in zijn ogen onterecht, op een fout had gewezen. Hij zou – net als Planck overigens – in een theoretische analyse van de diffusie van moleculen door een membraan een term over het hoofd hebben gezien. Volgens Nernst speelde deze term bij grote verdunning, voor welk geval de theorie was afgeleid, geen enkele rol.¹⁰⁷ Omdat Pupin had aangegeven de belangrijkste conclusies uit zijn proefschrift in de vorm van een artikel te gaan publiceren in de *Annalen* ‘besloot Nernst te kiezen voor de *Annalen* als slagveld en [...] tot dan zijn kruut droog te houden’.¹⁰⁸ Ook had hij beloofd ‘om op doorreis in Berlijn tegenover Kundt niets los te laten over de vreselijke manier waarop hij de heer Pupin te gronde wilde richten, opdat deze zich in zijn *Annalen*-artikel niet voorzichtiger zou uitdrukken dan in zijn proefschrift’.¹⁰⁹ Van dat artikel is het nooit gekomen, dus de enige manier waarop Nernst zijn verontwaardiging kwijt kon was in een referaat over Pupins proefschrift voor het *Zeitschrift*, waarin hij Pupin beschuldigde van ‘grove nalatigheid’ en ‘gebrek aan inzicht’.¹¹⁰

Vlak nadat met de reactie van Nernst het vuur onder controle leek te zijn, kwam ook Lothar Meyer met bezwaren,¹¹¹ waarover hij Van 't Hoff uiterst correct vooraf waarschuwde:



*Lothar Meyer (1830-1895),
een Duits chemicus met wie
Van 't Hoff een stevige polemiek
voerde over de aard van de
osmotische druk.*

Ik kreeg een brief van Lothar Meyer, die op het eerste gezicht een felicitatie leek, maar die een aankondiging bleek te zijn van een aanval op de osmotische druk. Nadat Pupin in het strijdperk [was] getreden, komt nu de gehele oude garde.¹¹²

Meyer was weliswaar vol lof over Van 't Hoff's theorie, maar voerde aan dat niet de opgeloste stof, maar het oplosmiddel ten grondslag lag aan de osmotische druk, en dat deze niet het gevolg was van botsingen van de opgeloste deeltjes. De druk van een hoeveelheid moleculen in een gas was weliswaar van dezelfde grootte als de osmotische druk van een even grote hoeveelheid opgeloste moleculen in een vloeistof, maar dat betekende niet dat ze dezelfde oorzaak hadden.¹¹³ In essentie herhaalde Meyer hiermee dus een deel van de argumenten van Pupin. Ten slotte suggereerde hij ook niet langer de term 'osmotische druk' te gebruiken, omdat deze met osmose niets van doen had.

Van 't Hoff reageerde binnen een paar weken.¹¹⁴ Opvallend genoeg begon hij met de opmerking dat hij nooit bedoeld had te suggereren dat de osmotische druk het gevolg was van 'moleculaire stootjes van het opgeloste lichaam'. Die indruk wilde hij wegnemen, hij had het slechts gebruikt 'als middel om het inzicht in de genoemde analogie te vergemakkelijken'. Verder verwees hij naar een recent verschenen artikel van zijn landgenoot Van der Waals

waarin deze een kinetische theorie van mengsels van twee stoffen had ontwikkeld. Daaruit volgde voor verdunde oplossingen de wet die Van 't Hoff voor de osmotische druk had afgeleid. Ook eerder al toen Fitzgerald Van 't Hoff in Leeds had geconfronteerd met zijn 'misleidende analogie' waarin het oplosmiddel geen enkele rol zou spelen, had Van 't Hoff geantwoord met een verwijzing naar het artikel van Van der Waals.¹¹⁵ 'Dat zal menig natuurkundige gerust stellen,' zo schreef Van 't Hoff aan Arrhenius.¹¹⁶ Nu was het betreffende artikel weliswaar al ingediend bij de *Archives Néerlandaises*, maar nog niet gepubliceerd.¹¹⁷ Van 't Hoff zorgde ervoor dat de vertaling ervan in het *Zeitschrift* verscheen en wel precies voorafgaand aan zijn antwoord aan Lothar Meyer.¹¹⁸ Verder schetste hij nog een interessant gedachte-experiment over de 'osmose' van gassen: een ballon gevuld met waterstof waar wat stikstof was bijgemengd, werd in een zuivere waterstofatmosfeer geplaatst. De wand van de ballon was wél voor waterstof doordringbaar, maar niet voor stikstof. Daardoor zou er waterstof de ballon binnendringen, totdat de druk van het waterstof binnen en buiten de ballon gelijk was. Dan zou je de resulterende overdruk in de ballon, zo betoogde Van 't Hoff, toch ook alleen aan het stikstof toeschrijven? Dit gedachte-experiment zou later door Ramsay daadwerkelijk worden uitgevoerd met behulp van een alleen voor waterstof doorlaatbaar membraan van het metaal palladium. Hij liet zien dat ook in dat geval de formules van Van 't Hoff klopten.¹¹⁹

Het zou twee jaar duren voor Meyer een tweede aanval ondernam, al zal hij die zelf later misschien wel meer berouwd hebben dan de eerste. Hij formuleerde zijn kritiek in de vorm van een lange redevoering voor de Preussische Akademie der Wissenschaften in Berlijn over de theorie der oplossingen, en met name over de osmotische druk.¹²⁰ Daarin voerde hij opnieuw aan dat in Van 't Hoffs theorie de rol van het oplosmiddel onterecht werd verwaarloosd en bestreed hij daarnaast dat de osmotische druk uitsluitend zou afhangen van het *aantal* opgeloste moleculen en niet van het soort moleculen, dan wel de aard van het gebruikte membraan. Om dit laatste te staven kwam hij met een grote hoeveelheid metingen, die naar zijn mening slechts in zeer beperkte mate de theorie van Van 't Hoff ondersteunden, om te concluderen dat:

uit deze uiteenzettingen overtuigend blijkt dat de theorie van Van 't Hoff een te vergaande en daarom onhoudbare veralgemenisering is van verschillende, op zich zeer waardevolle waarnemingen.¹²¹

Toen Ostwald het artikel had gelezen, stelde hij direct Arrhenius op de hoogte: 'Lothar Meyer heeft een oliedom artikel over de osmotische druk geschreven. Het is jammer voor die oude man. Zulke gebeurtenissen versterken mij meer en meer in mijn besluit om op tijd afscheid te nemen, wanneer mijn krach-

ten en mijn kunde om nieuwe dingen te begrijpen minder worden naarmate ik ouder word.¹²² Arrhenius bood direct aan om te reageren, 'omdat Van 't Hoff er waarschijnlijk liever het zwijgen toedoet',¹²³ maar Ostwald had Van 't Hoff al laten weten dat hij nu niet stil kon blijven, ook al deed het Ostwald verdriet dat een zo vriendelijk man als Meyer zich zo geblameerd had:

Maar in het belang van de zaak mag men hem daar niet mee laten wegkomen. Als eerst aangevallene heeft u daartoe het recht en de plicht, en zult u het waarschijnlijk op een nettere manier doen dan wij.¹²⁴

Intussen had ook Pfeffer, op wiens metingen Meyer zich voor een groot deel had gebaseerd, erop gewezen dat een aantal van diens interpretaties onjuist waren, maar Meyer bleek onvermurwbaar. Vandaar dat Ostwald en Van 't Hoff besloten dat Van 't Hoff zelf in een reactie Meyer zou wijzen op de onhoudbaarheid van zijn conclusies.¹²⁵

Dat dit soort discussies de aandacht trokken van de wetenschappelijke wereld toont een brief van Louis Aronstein, op dat moment hoogleraar scheikunde aan de Koninklijke Militaire Academie in Breda, aan zijn Leidse collega Van Bemmelen. Wat hem allereerst in Meyers artikel in de *Sitzungsberichte* had getroffen, was diens neerbuigende toon, als van een vader die tegen zijn zoon spreekt:

'Jongetje,' zegt hij tot van 't Hoff cum suis, 'ik heb vroeger zacht gewaarschuwd, maar dat heeft niet geholpen nu, hoezeer het mij spijt, (want gij bent anders nogal een brave jongen en hebt vroeger eenige goede thema's gemaakt, je bent het eigenlijk niet eens. Het zijn meer je makkers die zoo hard schreeuwen,) gij moet nu voor je broek hebben.'

Aronstein wijst er vervolgens op hoe lastig het is om experimenten met membranen te doen. De metingen van Pfeffer aan suikeroplossingen waren 'gelukkig geweest', en helemaal gelukkig 'voor de vooruitgang van de wetenschap, omdat hierdoor de geniale inval van Van 't Hoff mogelijk werd'. Toch zou ook Aronstein graag zien dat er méér experimenten werden gedaan om de 'Van 't Hoff'sche hypothese' kracht bij te zetten.¹²⁶ Daarmee was Van 't Hoff zelf al druk in de weer en dat was ook de reden dat zijn reactie op Lothar Meyer wat lang uitbleef. Het stelde Meyer in de gelegenheid om zijn bezwaren nog eens in het kort voor een ander publiek uiteen te zetten.¹²⁷ Maar nadat ook deze speldenprik was verschenen, had Van 't Hoff begin april dan eindelijk zijn reactie klaar. Hij had er in de maanden daarvoor naar eigen zeggen vaak aan getwijfeld of het niet beter was om er het zwijgen toe te doen, maar, zo schreef hij aan Arrhenius, 'in een omgeving als die van u en Ostwald, krijg je ook zin om mee te knokken.'¹²⁸

Dat was aardig gelukt. Van 't Hoff's reactie van elf pagina's is met afstand het meest felle artikel dat hij ooit schreef.¹²⁹ Al op de eerste pagina kwam hij vilein uit de hoek. Meyer had aan het eind van zijn artikel een citaat uit Bacons *Novum Organum* aangehaald, om Van 't Hoff te manen in het vervolg niet al te snel conclusies te trekken: 'De geest hunkert ernaar op te springen naar meer algemene waarheden, opdat zij tot rust komt, en heeft al snel een hekel aan experimenteren.'¹³⁰ Dat bracht Van 't Hoff tot de reactie dat 'het er voor hem slecht uit zou zien, als hij Latijn kon lezen, hetgeen niet het geval was.'¹³¹ Nu had Meyer het hem ook wel erg gemakkelijk gemaakt door data fout te interpreteren, de verkeerde kolom uit een tabel van Pfeffer over te nemen en over het hoofd te zien dat sommige membranen simpelweg niet geschikt waren voor bepaalde verbindingen, waardoor metingen (onder meer die van Pfeffer) niet konden kloppen. Daarnaast had Van 't Hoff ook op iedere nog resterende afwijking die Meyer gevonden meende te hebben wel een antwoord. En als dat niet in de literatuur te vinden was, dan had hij in Amsterdam wel even wat metingen laten doen om zijn gelijk te bewijzen. Ten slotte speelde hij flink op de man door te suggereren dat Meyer 'er plezier in [zou] hebben gehad'¹³² hem op afwijkingen van zijn theorie te wijzen, ja zelfs 'met een zeker enthousiasme, om niet te zeggen leedvermaak'¹³³ aan het werk gegaan was.

Zelfs Ostwald was totaal verrast door de scherpe toon van de reactie en vroeg of Van 't Hoff het goed vond als hij deze eerst zou voorleggen aan Meyer.¹³⁴ Aldus geschiedde: Meyer was geschokt. Een paar maanden eerder had hij zich tegenover Ostwald al beklagd over de scherpe en onbeleefde toon waarin sommige reacties in het *Zeitschrift* waren verwoord. Hij had er zelfs ernstig over gedacht of hij zijn naam niet van de lijst van medewerkers moest laten afhalen.¹³⁵ En nu lag er dan een tegen hem persoonlijk gericht artikel, dat nog veel feller was. En dat terwijl hij toch zelf 'niet de bedoeling had gehad Van 't Hoff te krenken'. Maar hij bleef uiterst correct en sprak de wens uit dat 'in ons beider belang en dat van de kwestie, de heer Van 't Hoff zijn toon wat zou aanpassen; dat is iets wat ik van mijn kant natuurlijk niet verlangen kan, maar dat u als uitgever misschien zinvol acht'.¹³⁶ Hij deed verder een aantal tekstsuggesties om de toon van het stuk wat te matigen. Toen Van 't Hoff deze brief van Meyer onder ogen kreeg, wilde hij zijn reactie direct intrekken: 'Polemiek stuit me toch al tegen de borst en ik heb zeer veel respect voor Lothar Meyer, maar waar u en Arrhenius voortdurend op de barricades staan, wil ik als goede vriend niet alleen maar toezien'.¹³⁷ Hij corrigeerde zijn tekst op een paar punten, maar die zouden Ostwald niet op tijd bereiken. Het artikel was al naar de drukker en verscheen in zijn oorspronkelijke vorm. Desondanks zou Lothar Meyer tot aan zijn dood in april 1895 gewoon op de titelpagina blijven staan als een van de medewerkers van het *Zeitschrift*.



Wilhelm Ostwald (1853-1932) en Svante Arrhenius (1859-1927), Van 't Hoff's naaste collega's en strijdmakers, in de tuin van het laboratorium van Ostwald in Leipzig.

Geen straatvechter

Dat Lothar Meyer zich hierna stilhield, betekende absoluut niet dat de discussie over de osmotische theorie voorbij was. Het opmerkelijke feit dat de osmotische druk van een bepaalde hoeveelheid opgeloste moleculen gelijk was aan die van een even groot aantal moleculen in een gas, werd na de aanval van Meyer niet langer betwijfeld. Maar dat betekende niet dat ook de mechanismen, die aan het ontstaan van die druk ten grondslag lagen, identiek waren.¹³⁸ Zoals we al eerder hebben gezien, waren naast chemici ook tal van fysici (Kundt, Fitzgerald, Planck) betrokken in de discussies rond de theorieën van Van 't Hoff en Arrhenius. Dat laat eens te meer zien dat de grenzen van het nog jonge vakgebied van de fysische chemie niet duidelijk afgebakend waren. Ook de oplossing van het probleem van het mechanisme dat ten grondslag ligt aan de osmotische druk zou door fysici worden opgelost. Allereerst bracht een discussie tussen Lord Rayleigh¹³⁹ en Lord Kelvin¹⁴⁰ in de kolommen van *Nature* over de aard van de osmotische druk, Gibbs tot een sluitende thermodynamische verklaring ervan, op basis van de *mengentropie*.¹⁴¹ De kinetische verklaring van het verschijnsel bleef nog lang een aantrekkelijke uitdaging voor tal van andere gerenommeerde fysici als Planck,¹⁴² Boltzmann¹⁴³, Lorentz,¹⁴⁴ Langevin,¹⁴⁵ en Ehrenfest,¹⁴⁶ waarna een chemicus, de Nederlander Peter Debye, voor de afronding zorgde.¹⁴⁷

Voor Van 't Hoff was dat eigenlijk allemaal niet zo nodig. Hij zou zijn verdere leven blijven oproepen tot matiging in het gebruik 'van den beruchten

fysischen inktpot,¹⁴⁸ waar naar believen allerlei ingewikkelde formules uitstroomden. Tegenover Arrhenius vroeg hij zich af of 'gezien de tamelijk hoge onkosten voor mathematische ontwikkeling, de kinetische theorie wel de tegenwoordig verlangde 4% rente opleverde'.¹⁴⁹ Het zou zijn tijd wel duren. Datzelfde gold voor zijn omgang met kritiek en tegenwerpingen. Waar Ostwald en Arrhenius onverminderd fel bleven reageren wanneer er kritiek werd geleverd op hun werk of wanneer de prioriteit van hun ontdekkingen werd bestreden, zou hij zich niet meer mengen in discussies over zijn theorie der oplossingen of osmotische druk. Allereerst paste dat niet bij zijn stijl van wetenschap bedrijven. Het ging hem om het idee, het inzicht, het verklaren van experimentele resultaten aan de hand van een uiterst pragmatische, vaak wiskundig niet al te ingewikkelde theorie. Zo had hij ook 'weinig liefde voor het wiskundig apparaat waarvan de fasenleer van Gibbs gebruikmaakte'.¹⁵⁰ Het verder uitwerken, grondvesten en polijsten liet hij over aan anderen. Dat geldt eigenlijk voor al zijn werk: zijn ontdekking van het asymmetrisch koolstofatoom, voor zijn beschrijving van het chemisch evenwicht en het overgangspunt bij een faseverandering en ook voor de theorie van de osmotische druk, iets waar ook Van Deventer in 1891 al op wees:

de osmotische-druk-theorie staat zoo stevig als een pyramide, doch slechts de verliefdheid op de grondgedachte heeft den moed kunnen geven haar vast te houden in het labyrinth van verwickelingen en afwijkingen¹⁵¹

Volgens Van Deventer was Van 't Hoff daarom veel meer een aanhanger van de Franse dan van de Duitse school, die zich veel meer kenmerkt door degelijkheid, door het tot in alle finesses uitwerken en bewijzen van een theorie: 'Hij eert de degelijkheid met grooten eerbied, doch hij is verliefd op de idee, en op de idee in groote trekken'.¹⁵² Van 't Hoff was tevreden als een theorie die hij had bedacht juist bleek te zijn, tevreden met het dieper inzicht dat hij zo kreeg in hoe de natuur in elkaar stak. Daarom ook maakte het hem weinig uit of een ontdekking op zijn naam kwam of niet. Het was belangrijker dat de ontdekking was gedaan.

Sowieso paste een polemische gezindheid niet goed bij zijn persoonlijkheid. In een brief aan Arrhenius drukte hij dat terugkijkend op de 'affaire Kolbe' aldus uit:

Ik persoonlijk trek me van discussies niet zoveel aan. Enerzijds heb ik er niet zo de behoefte aan dat anderen mijn mening delen, anderzijds heb ik de indruk dat men op de lange duur met discussiëren niet veel verder komt; het komt er veeleer op aan rustig verder te werken en af en toe resultaten te delen.¹⁵³

Alleen als hij het echt nodig vond, kwam hij voor zichzelf op, al deed hij dat – met uitzondering van de aanval op Lothar Meyer – steeds op een bescheiden wijze. Een aardig voorbeeld hiervan was zijn reactie op een rapport over de wetenschappelijke stand van zaken op het gebied van de elektrolytische dissociatie tijdens het Vierde Natuur- en Geneeskundig Congres in april 1893 in Groningen. De commissie die zich met de rapportage had belast, schreef de theorie der oplossingen niet alleen toe aan Van 't Hoff, maar gaf die eer ook aan Planck. Van 't Hoff reageerde hier nog tijdens de bijeenkomst op door te zeggen dat hij 'wilde beginnen met hulde te brengen aan de samenstellers voor de wijze, waarop zij zich van de hun opgedragen taak hebben gekweten, en dat hij verder een enkele opmerking wenschte te maken naar aanleiding van blz. 1, waar melding wordt gemaakt van zijn arbeid en dien van Planck in het jaar 1887. Reeds in 1884 [had] hij de hier bedoelde beschouwingen ten beste gegeven in de Zweedsche Akademie.'¹⁵⁴ De commissieleden gaven vervolgens toe dat ze 'tot hun leedwezen' die artikelen over het hoofd hadden gezien.

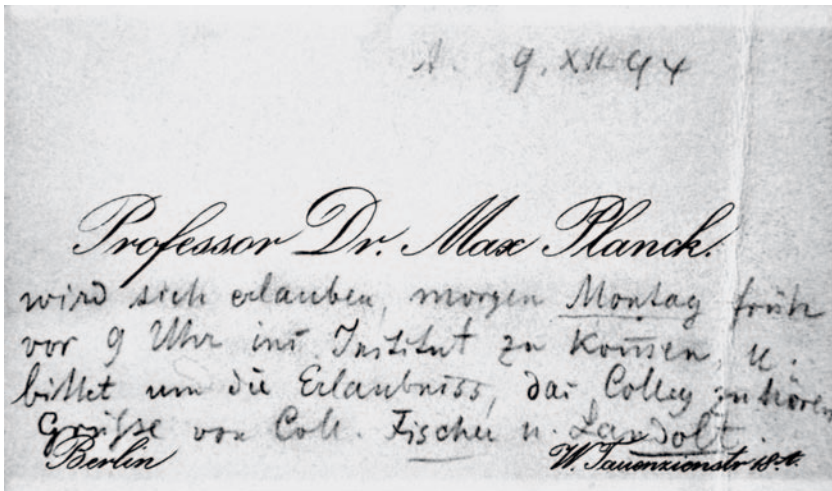


14 Naar Berlijn

De aangelegenheid van Van 't Hoff's ontslag [...], een geschiedenis vol van episoden, zooals het epos van den toorn des Achilleus, heeft eerst in den laatsten kursus haar besluit gekregen. – Max Conrat¹

*Berlijn meldt zich*²

Zondag 9 december 1894 meldde de Duitse fysicus Max Planck zich onverwacht bij het Scheikundig Laboratorium in de Roetersstraat in Amsterdam. Hij was net aangekomen uit Berlijn en was op zoek naar Van 't Hoff. Omdat er op zondag niet werd gewerkt, kreeg hij nul op rekest en liet hij zijn kaartje achter, met daarop een boodschap voor Van 't Hoff: 'Professor Dr. Max Planck veroorlooft zich maandagmorgen vroeg vóór 9 uur naar het instituut te komen en vraagt toestemming om het college bij te wonen.'³



Visitekaartje dat Max Planck achterliet bij aankomst in Amsterdam in december 1894, toen hij kwam praten over Van 't Hoff's overgang naar Berlijn.

Planck was naar Amsterdam gekomen om met Van 't Hoff te praten over een mogelijke overgang naar Berlijn als hoogleraar natuurkunde. Het moet voor Van 't Hoff een grote verrassing zijn geweest dat hij als *fysisch chemicus* daarvoor in aanmerking kwam. Dat had alles te maken met de ongewone situatie die zich dat jaar in Berlijn had ontwikkeld. Het was een rampjaar geweest voor

< Van 't Hoff en zijn vrouw Jenny tijdens de voettocht in het Zwarte Woud en Zwitserland in de tweede helft van 1895.

de Duitse natuurkunde: het begon al op 1 januari toen volkomen onverwacht Heinrich Hertz was overleden, gevolgd door August Kundt in mei en Hermann von Helmholtz in september. Drie toonaangevende Duitse natuurkundigen kwamen zo binnen een jaar te overlijden. De faculteit van de Friedrich-Wilhelms-Universität, waar Kundt de leerstoel voor Natuurkunde had bekleed, stelde al binnen een maand voor om Friedrich Kohlrausch tot opvolger te benoemen. Die had alleen weinig haast en gaf er na lange onderhandelingen de voorkeur aan om Von Helmholtz op te volgen als president van de Physikalisch-Technische Reichsanstalt.⁴ Daarom was de selectiecommissie – het was inmiddels al begin november – noodgedwongen teruggevallen op drie eerder geïdentificeerde kandidaten: Emil Warburg, Otto Wiener en Walther Nernst. In een brief aan de faculteit was de Pruisische Kultusminister echter met een andere naam uit de hoge hoed gekomen. Hij vroeg de commissie ‘of niet ook Van ’t Hoff uit Amsterdam voor de experimenteel-fysische leerstoel in aanmerking genomen moet worden.’⁵

Het is vrijwel zeker dat *Ministerialdirektor* Friedrich Althoff hierachter zat, een van de machtigste mannen van het ministerie, ook wel de ‘heimliche Kultusminister’ genoemd. Sinds zijn aanstelling in 1882 had hij in Pruisen de verschillende kennisgebieden in kaart gebracht, bepaald waar benoemingen nodig waren, gezorgd voor financiële ondersteuning en zo aantrekkelijke arbeidsvoorwaarden geschapen om de juiste mensen aan te trekken. Hij was, kortom, de spin in het web van de Pruisische wetenschapspolitiek. Met zijn netwerk van vertrouwelingen op verschillende posities in de politiek en het onderwijs en zijn vaak onder pseudoniem geschreven artikelen in belangrijke kranten en tijdschriften wist hij zowel bestuurders als de publieke opinie te beïnvloeden en zorgde hij ervoor dat tal van belangrijke beslissingen in zijn voordeel uitvielen.⁶ Daarbij had hij een goed oog voor wat Duitsland nodig had, vooral in de chemische industrie (kleurstoffen, medicijnen). Die was in het laatste kwart van de negentiende eeuw uitgegroeid tot een voorbeeld voor de rest van Europa en de Verenigde Staten. Meer dan 90 procent van de studenten scheikunde vond er emplooi.⁷ Aanvankelijk waren dat bijna uitsluitend organisch chemici. Daarvoor was dan ook aan de universiteiten, waar meestal een enkele hoogleraar de scepter zwaaide en de richting van het onderzoek bepaalde, de meeste aandacht. Bovendien lag de nadruk sterk op het doen van geavanceerd onderzoek, wat nog eens extra ten koste ging van de basis-training in andere vakken als de anorganische, analytische en de nog jonge fysische chemie. Tegen het einde van de negentiende eeuw zag de industrie zich meer en meer geconfronteerd met een uiterst gespecialiseerde, maar verder slecht onderlegde groep nieuwe werknemers.⁸ Van ’t Hoff was juist op het gebied van de fysische chemie een van de meest vooraanstaande vertegenwoordigers, reden waarom Althoff hem maar al te graag naar Berlijn wilde halen.

Niet iedereen was het daar overigens mee eens. Friedrich Kohlrausch erkende dat het onderzoek van Van 't Hoff eersterangs was, maar zei tegelijkertijd dat hij meende dat Van 't Hoff eerst en vooral een scheikundige was, en vroeg zich af of hij wel in staat zou zijn colleges natuurkunde te geven, dan wel voldoende liefde voor dat vak had.⁹ Maar toen Kohlrausch deze woorden uitte, zat Planck, die samen met de scheikundigen Emil Fischer en Hans Landolt de selectiecommissie vormde, al in de trein naar Amsterdam. Hij werd er hartelijk verwelkomd. Het was bijna kerst en in het laboratorium stond een kerstboom versierd met kolven, reageerbuisjes en glasdraad. Voor iedereen lag er een klein cadeautje onder, voorzien van een vaak geestig, soms scherp gedicht. Ook voor Planck, die een gerookte paling kreeg, gebogen in de vorm van een integraalteken, met als bijschrift 'integer aal', hetgeen hem de opmerking moet hebben ontlokt, dat hij nu in Berlijn kon vertellen, hoe men in het Amsterdamse laboratorium integreerde. Hij was nog niet vertrokken of de druk uit Berlijn werd verder opgevoerd. Dit keer was het Althoff zelf die op 14 december Van 't Hoff per brief uitnodigde om zo snel mogelijk naar Berlijn te komen en daar persoonlijk de situatie in het Physikalisches Institut in ogenschouw te komen nemen.¹⁰ Maar Van 't Hoff reageerde terughoudend en niet zonder reden. Hij was zich zeer bewust van de druk die de leiding van een zo groot instituut op hem zou leggen en vermoedde dat de vroege dood van Kundt daar wel eens mee te maken kon hebben. Daar had hij misschien wel gelijk in. Nadat Emil Fischer twee jaar eerder was benoemd tot hoogleraar in Berlijn, had Kundt tegen hem gezegd: 'Nou Fischer, U zult u verbazen over het pak werk waarmee men hier een professor opzadelt.'¹¹ Vader Van 't Hoff, die zich sowieso altijd al zorgen maakte over de gezondheid van zijn zoon, had hem direct na de eerste toenaderingen uit Berlijn daar ook al voor gewaarschuwd: 'Het eenige waaraan gij voor 'shands denken kunt, is aan uw' gezondheid, die gij boven alles op den voorgrond te stellen hebt.'¹²

Daarom vroeg hij om meer bedenktijd en informeerde hij uitgebreid naar details over colleges, examens en de mogelijkheid tot het aanstellen van een extraordinarius, een buitengewoon hoogleraar naast hem. Daarnaast nam hij contact op met de weduwe Kundt om te informeren naar de werkdruk waar haar net overleden echtgenoot aan had blootgestaan. Haar antwoord was enigszins geruststellend: Kundt worstelde al met een zwakke gezondheid toen hij de colleges en examens als een last begon te ervaren.¹³ Ook het antwoord uit Berlijn stelde hem tevreden: men was bereid hem in alles tegemoet te komen: niet meer dan vijf uur college in de week, weliswaar voor veel studenten – bijna driehonderd –, maar de practica werden al naar volle tevredenheid door anderen gegeven en er waren bovendien al drie kandidaten geïdentificeerd die hem als extraordinarius zouden kunnen bijstaan.¹⁴ Nadat ook Emil Fischer hem op dringend verzoek van Althoff opnieuw per brief had uitgenodigd, en bovendien had laten weten dat Kundt een inkomen genoot van 30.000

mark per jaar,¹⁵ gaf Van 't Hoff toe en reisde hij op Nieuwjaarsdag 1895 naar Berlijn, opnieuw na ruggespraak met zijn vader, die hem nog een lange lijst met vragen had meegegeven waarover hij duidelijkheid moest zien te krijgen: bruto/netto inkomsten, pensioen, verzekeringen, vakantiedagen etc.¹⁶



*Friedrich Althoff (1839-1909)
bepaalde als directeur op het
Kultusministerium in Berlijn
jarenlang in eigen persoon de
universiteitspolitiek in Pruisen.*

In Berlijn was het vervolgens even snel over als het was begonnen. Niet omdat beide partijen van mening verschilden over de precieze invulling van de positie, de aard van het onderzoek, of het laboratorium, nee, volgens handgeschreven aantekeningen die Althoff na het gesprek maakte, stelde Van 't Hoff 'onacceptabele financiële voorwaarden', namelijk 30.000 mark per jaar, precies het bedrag dat naar informatie van Fischer ook Kundt kreeg. Daarnaast was hij niet bereid het Duitse staatsburgerschap aan te nemen, ook al was dat geen keiharde eis. Althoff moet op een zeker moment uitgeroepen hebben dat 'die Hollander hem te veel was!'¹⁷ Zo volgde al op 5 januari telegrafisch een aanbod aan Emil Warburg, op dat moment hoogleraar natuurkunde in Freiburg. Die kwam twee dagen later naar Berlijn, waarna de zaak wéér twee dagen later beklonken was.¹⁸ Bij Van 't Hoff's terugkeer in Amsterdam bleken collega Jan-Willem Gunning en de Leidse natuurkundige Heike Kamerlingh Onnes reeds op de hoogte van het aanbod uit Berlijn. Ze wensten hem geluk

met de vererende onderscheiding, maar spraken er ook hun genoeg over uit dat hij besloten had om voor het aanbod te bedanken. Gunning schreef:

Ontvang [...] de verzekering, dat ik U, om den beweegredenen van dat besluit, zoo als ik ze mij voorstel, nog hooger waardeer dan om Uwen wetenschappelijke verdiensten.¹⁹

Ook het *Algemeen Handelsblad* van 20 januari wist te melden dat Van 't Hoff geen gehoor had gegeven aan de roepstem uit Berlijn. De hoofdpersoon zelf was intussen verre van gelukkig met het stuklopen van de onderhandelingen – hij realiseerde zich dat hij wellicht zijn hand had overspeeld. ‘Om de indruk van geldzucht wat weg te nemen’, sloeg hij daarom het aanbod van Fischer om de reis- en verblijfkosten (225 mark) te vergoeden af, en vroeg hij om die som ten goede te laten komen aan het fonds voor een nog op te richten monument voor Von Helmholtz.²⁰ Hoewel Fischer hem nog wel keurig waarschuwde dat een bijdrage van 100 mark daarvoor meer dan voldoende zou zijn, nam hij de donatie toch dankbaar aan. Naast de 10.000 mark die de keizer al beschikbaar had gesteld, werd Van 't Hoff zo de eerste die een bijdrage leverde.

Maar Althoff had er zijn zinnen op gezet om Van 't Hoff naar Berlijn te halen. Daarom liet hij Planck op 2 februari opnieuw contact opnemen. Die wees Van 't Hoff op de mogelijkheid om als Akademiehoogleraar naar Berlijn te komen, al moest hij zich wel realiseren dat ‘het hoogste salaris dat tot nu toe aan een Akademielid is betaald 12.000 mark bedraagt’.²¹ Dat was nog altijd ruim meer dan Van 't Hoff op dat moment in Amsterdam opstreek. Bovendien zou de nieuwe positie hem meer vrijheid en minder verantwoordelijkheden bieden. Er zou nog wel een werkplek gevonden moeten worden waar hij onderzoek kon doen, al zouden er, zo schreef Planck, wel een paar kamers in een of ander instituut gevonden kunnen worden.²² Dat was het aanbod waar Van 't Hoff op had gehoopt. Opnieuw nam hij de tijd voor zijn antwoord, maar dat kwam doordat echtgenote Jenny bij een schaatstocht haar voet verrekt had en hij tijdelijk de zorg voor het gezin op zich moest nemen. Maar hij liet weten wel wat in het voorstel van Planck te zien. Hij voelde er weliswaar weinig voor om in een instituut van iemand anders in te trekken, omdat hij dan op den duur de directeur voor de voeten zou gaan lopen, maar vroeg of het niet mogelijk was ‘om buiten Berlijn [...] een woning te vinden, waar ik twee kamers als werkplek inricht?’ Eentje voor hemzelf, als privélaboratorium, en eentje voor maximaal vier studenten. Een water- en een gasleiding zouden eventueel moeten worden aangelegd en mocht er kostbare apparatuur nodig zijn, ‘kan ik wellicht naar behoeven bij een collega aankloppen’. Op die manier zou hij de kosten laag houden, waardoor er misschien wat ruimte zou komen om zijn salaris te verhogen, hij dacht met zo'n 15.000 mark per jaar wel uit te komen.²³ De zaak leek beklonken – beide partijen kregen immers

wat ze wilden hebben. Maar met de aanstellingen van Kohlrausch en Warburg was de financiële situatie van de Akademie op dat moment wat 'onoverzichtelijk' geworden, zo schreef Planck terug, en aangezien Van 't Hoff zelf toch al had aangegeven geen haast te hebben om Amsterdam te verlaten, stelde hij voor te wachten tot het wintersemester 1895-1896 om dan alles definitief te regelen.²⁴ Ongetwijfeld tot genoegen van Van 't Hoff voegde hij er nog aan toe dat de academische verplichtingen hem niet al te zwaar zouden vallen: de Akademie kwam weliswaar elke donderdag twee uur lang bijeen, maar ieder lid behoefde slechts eenmaal per jaar een voordracht te houden. 'En als men een paar zittingen verzuimt, stort ook de wereld nog niet in.' Verder was hij volkomen vrij om zijn tijd in te delen. Een droombaan!

Vanaf dat moment handelde Van 't Hoff uiterst vastberaden. Op 19 april hield hij in Amsterdam de openingsrede van het Vijfde Nederlandsche Natuur- en Geneeskundig Congres.²⁵ Een interessant betoog, vooral in het licht van wat we nu weten over wat hem in die dagen bezig moet hebben gehouden. Eerst liet hij zien welke vooraanstaande plaats Nederlandse wetenschappers in het achttiende-eeuwse Europa hadden ingenomen. Dat kwam volgens hem doordat Nederland toen een toevluchtsoord was voor verdrukten en vluchtelingen van elders. Ook Zwitserland deed het om dezelfde reden wetenschappelijk erg goed. Maar waar Zwitserland onveranderlijk zijn koppositie wist te handhaven, was er in Nederland sedertdien een bedenkelijke daling ingetreden. Nederland was er namelijk niet in geslaagd zijn wetenschappelijk talent te binden. Aan de hand van simpele tellingen liet Van 't Hoff zien dat ongeveer een derde van de hoogopgeleiden in Nederland jaarlijks naar de koloniën wegtrok. Om die braindrain te stoppen diende allereerst een principiële fout te worden onderkend. Niet alleen onderwijs zou, zoals in de grondwet neergelegd, een voorwerp van staatszorg moeten zijn, maar ook onderzoek:

Als het verspreiden van kennis een Rijksbelang is, komt mij voor, dat het vermeerderen van haar daar ook aanspraak op heeft. En bij ons tegenwoordig stelsel geschiedt juist dat vermeerderen zoo 'au petit bonheur'. Een prijsvraag, een stipendium voor een jaar op studie of expeditie. Is het niet min of meer lapwerk? De wezenlijke oplossing is m.i. slechts daarin te vinden, dat naast de grootere laboratoria voor onderwijs kleinere dito voor onderzoek komen. [...] Moesten niet naast onze mannen, wier plicht het is te onderwijzen en die, als zij daarvoor lust en tijd hebben, ook wat mogen onderzoeken, anderen staan, wier plicht het is te onderzoeken en die, als zij daarvoor lust en tijd hebben, ook wat mogen onderwijzen?²⁶

In het licht van de besprekingen die Van 't Hoff in de maanden daarvoor met Berlijn had gevoerd, krijgt dit verhaal natuurlijk wel heel erg het karakter van een oratio pro domo. En helemaal ongelijk had hij natuurlijk niet. Met de Wet

op het Hoger Onderwijs was de universiteit sterk van karakter veranderd: 'Onderwijs en onderzoek werden beschouwd als schering en inslag van hetzelfde weefsel, onderzoek werd nu een integraal onderdeel van de taak van een hoogleraar.'²⁷ Maar de praktijk was weerbarstig en Nederland kon hem niet bieden wat hem elders wachte, en dus besloot hij te vertrekken. Waar naartoe was zelfs hem nog altijd niet helemaal duidelijk. Toen in april 1895 Lothar Meyer overleed, met wie hij een paar jaar daarvoor nog een heftige pennensrijd had gevoerd, informeerde hij direct bij zijn vriend Ostwald hoe het er daar in Tübingen aan de universiteit voorstond, 'omdat ik er wel vaker aan denk nog eens naar Duitsland te komen en de schitterende ligging van de stad door de nabijheid van het Zwarte Woud op mij een grote aantrekkingskracht uitoefent.'²⁸ Hoe dan ook, in Amsterdam wilde hij niet blijven en op 2 mei 1895 vroeg hij B&W van Amsterdam per brief hem per 15 september eervol ontslag te verlenen 'in verband met de ophanden aanvaarding eener betrekking elders'.²⁹

Als hij al gedacht had in stilte zijn biezen te kunnen pakken, dan kwam hij snel bedrogen uit. Waar hij net vóór het weekend zijn ontslagbrief had afgeleverd, stond er op maandagmorgen al een journalist van het *Algemeen Handelsblad* in zijn kamer op het laboratorium. De dag erop haalde de volgende dialoog, onder de kop STADSNIUWS, de voorpagina:

'Wat is uw verlangen?'

'Is het waar, professor, wat wij hoorden vertellen, dat u Amsterdam gaat verlaten en elders eene betrekking zult aanvaarden?'

'Hoe 't mogelijk is dat dit bekend werd, weet ik niet,' luidde het antwoord, 'het is wel wat indiscreet dat het reeds publiek werd, doch ik kan het daarom niet ontkennen. Ik heb tegen 16 Sept. a.s. bij B. en W. mijn ontslag als hoogleeraar aan deze Universiteit gevraagd.'

'Mag ik dan vragen waar u heengaat?'

'Er is mij een aanbod gedaan, dat wel is waar nog niet in alle onderdeelen is geregeld doch van dien aard is dat ik gemeend heb het te moeten accepteren. In de groote vacantie ga ik naar het buitenland en zal daar mijne beslissing nemen.'

'Uw heengaan zal een groot verlies zijn voor de Universiteit.'

't Spijt mij zelf dat ik gaan moet. Ik heb het hier goed, dat is niet te loochenen; maar er is toch altijd verschil tusschen goed en goed; en als men altijd voor een aanbod blijft bedanken, dan komt er een tijd dat men geen aanbod meer krijgt. Men zal misschien om mijn heengaan hier eenige moeilijkheid hebben, doch ik twijfel niet of de faculteit zal alles wel weten te regelen. Meer kan ik u thans niet zeggen.'³⁰

Vanaf dat moment zou de 'zaak Van 't Hoff' in diverse landelijke en lokale kranten op de voet worden gevolgd.

Op de bres voor Van 't Hoff

Aanvankelijk leek het ontslag een hamerstuk te worden. B&W vroegen de curatoren om advies over zijn ontslagverzoek en die antwoordden drie dagen later dat er tegen inwilliging van dat verzoek geen bezwaar bestond.³¹ Maar als eerste richtte toen het Amsterdamsch Studentencorps zich in een petitie tot het gemeentebestuur: men sprak de hoop uit dat Van 't Hoff nog op zijn besluit zou terugkomen, en daartoe diende door de directbetrokkenen *al het mogelijke* te worden gedaan: geen concessie mocht worden geschuwd.³² De ontslagaanvraag kwam daarom op 17 mei opnieuw bij de curatoren op tafel. Burgemeester Vening Meinesz, tevens president-curator, sprak het vermoeden uit dat Van 't Hoff besloten had Amsterdam te verlaten omdat 'het geven van college hem verhinderde zich geheel aan studie te wijden'.³³ Hij achtte het 'niet denkbaar' dat de gemeenteraad een hoogleraar zou willen bekostigen die geen college gaf. In elk geval nodigde hij Van 't Hoff de volgende dag al uit om op het stadhuis langs te komen.³⁴ Later richtte ook de Senaat van de Universiteit zich tot de curatoren met het verzoek alles te doen om Van 't Hoff voor Amsterdam te behouden.³⁵

Intussen werd er in kranten en tijdschriften volop gespeculeerd over de toekomst van Van 't Hoff. Opvallend is dat aanvankelijk Berlijn als bestemming helemaal niet genoemd werd, zelfs niet nadat hij op 31 mei door de keizer van Duitsland en koning van Pruisen tot lid van de Orde Pour le Mérite für Wissenschaften und Künste was benoemd.³⁶ Sommige kranten meldten dat hij de leiding zou krijgen over het chemisch laboratorium in Parijs, maar dat werd desgevraagd tegengesproken door de Franse chemicus Berthelot:

Ik heb tot nu toe althans, niet horen spreken over een verlangen van de heer Van 't Hoff om naar Parijs te komen, en naar mijn weten bestaat er geen laboratorium dat hem heeft aangesteld. Het zou zeker een uitstekende aanwinst zijn voor onze natuurwetenschappelijke faculteit, maar de vraag is niet gesteld, en ik vrees dat de heer Van 't Hoff hier geen positie aan zou treffen van de orde die hij op dit moment terecht bekleedt in Amsterdam.³⁷

Ook Londen werd genoemd, waar hij dan zou gaan samenwerken met Lord Rayleigh, die net een paar maanden daarvoor het edelgas argon had ontdekt. Toevallig had Van 't Hoff daar net een populairwetenschappelijk artikel aan gewijd in *De Gids* van die maand, dat opviel door een aantal humoristische formuleringen: 'Gij moogt dus, zoo gij wilt, mijn atoomgewicht aanslaan op 38. Martel mij niet meer. Amen.'³⁸ Het artikel viel niet bij iedereen in goede aarde en men dacht dat de auteur overspannen moest zijn geraakt door zijn ontslagaanvraag en aanstaand vertrek!³⁹ Maar dat vertrek was nog lang niet aan de orde. Achter de schermen werd namelijk in het diepste geheim op twee fronten actie ondernomen.

*Bankier, politicus en filantroop
A.C. Wertheim maakte zich in
1895 tevergeefs sterk voor het
behoud van Van 't Hoff voor de
Universiteit van Amsterdam.
Portret uit 1896 van Thérèse
Schwartz.*



Allereerst had Ernst Cohen zijn familieconnecties ingeschakeld. Zijn schoonvader, B.L. Gompertz, was samen met de Amsterdamse filantroop A.C. Wertheim partner in de investeringsbank die hun beider namen droeg. Gompertz liet Cohen weten te zijn gevraagd om financiële ondersteuning te verlenen aan een initiatief van Wertheim om Van 't Hoff voor Amsterdam te behouden.⁴⁰ Wertheim bekleedde tal van commissariaten en bestuurslidmaatschappen van culturele organisaties en nam zo een belangrijke positie in binnen het maatschappelijk en cultureel leven in Amsterdam. Daarnaast was hij namens Noord-Holland lid van de Eerste Kamer en had hij zeer goede contacten binnen de regering: hij mocht de toenmalige minister van Binnenlandse Zaken Van Houten tot zijn persoonlijke vrienden rekenen. Waarschijnlijk stelde Wertheim Van Houten op de hoogte van de zaak. Tegelijkertijd mobiliseerde hij zijn lokale netwerk om financiële steun te verkrijgen. Onder hen was een ander familielid van Cohen, zijn oom George Rosenthal, broer van zijn moeder Nanny. Hij was een van de oprichters van de bank Lippmann, Rosenthal & Co. en had Van 't Hoff in 1891 bij de opening van het nieuwe laboratorium al geholpen bij de aanschaf van een aantal chemische instrumenten en andere laboratoriumbenodigdheden. Via zijn collega B.J. Stokvis, hoogleeraar geneeskunde en zwager van Wertheim, kreeg Van 't Hoff zo te horen dat een aantal Amsterdamse notabelen, 'goedgezinde burgers van Amsterdam' geld bijeen wilden brengen voor een extraordinarius of een lector om hem te ontlasten.⁴¹ Als hij niet meer op zijn besluit kon terugkomen, of niet gediend

zou zijn van dit initiatief, dan moest hij een briefkaart sturen met de woorden 'Non possumus' (vrij vertaald: 'Daar kunnen we niet aan beginnen'), maar als hij achter het initiatief zou staan om 'het grootste sieraad der Universiteit te behouden', dan moest hij op de briefkaart eenvoudig 'Gaat uw gang' schrijven. Een dag na ontvangst van de brief van Stokvis refereerde Van 't Hoff tegenover zijn Leidse collega Hendrik Antoon Lorentz aan dit initiatief:

Alhier wordt n.l. ook iets voor mij op touw gezet, maar de burgerij hier mag m.i. niet geroepen worden voor zooiets belasting te betalen, de Universiteit zou erdoor van haar populariteit verliezen, en dat ik eenigszins huiverig ben van partikuliere welwillendheid, waar die ietwat door de drang der omstandigheden wordt geprikkeld, zult gij begrijpen.⁴²

Dat 'eenigszins huiverig' is, gezien wat volgde, een understatement. Hij zou het namelijk in de daaropvolgende maanden verscheidene keren in veel krachtiger bewoordingen herhalen: ik wil geen geld van de stad Amsterdam. Hoewel een 'smoking gun' in de vorm van een geschreven antwoord op het verzoek van Stokvis ontbreekt, weerhield Van 't Hoff's reactie de voorzitter van de Amsterdamsche Universiteitsvereniging, professor J.C. Matthes, er in elk geval niet van om iets te gaan regelen. Van 't Hoff's onduidelijkheid zou in de maanden daarna aanleiding geven tot grote verwarring bij alle betrokken partijen, en zeker ook tot toenemende irritatie over zijn handelen in deze affaire.

Naast de groep rijke Amsterdamse particulieren besloot ook een vijftiental hoogleraren in de scheikunde en natuurkunde in Nederland om voor Van 't Hoff in de bres te springen.⁴³ Zij wilden zich in een petitie richten tot de minister. Lorentz, die deze actie coördineerde, ging daarbij uiterst omzichtig te werk. Hij polste Van 't Hoff eerst in een persoonlijk gesprek of hij wel gediend was van zo'n initiatief.⁴⁴ Die liet daarover geen twijfel bestaan: wanneer hem van regeringswege datgene zou worden aangeboden wat hem in Berlijn in het vooruitzicht was gesteld – en daartoe citeerde hij tegenover Lorentz uitgebreid uit zijn briefwisseling met Planck –, was er voor hem geen reden om zijn positie in Amsterdam op te geven. Tegelijkertijd benadrukte hij dat 'langs dien weg en, ik meen, alléén langs dien weg, iets te bereiken zou zijn'.⁴⁵ In een latere brief voegde hij daaraan toe dat hij vóór alles wilde dat deze initiatieven uit de krant bleven, dat zijn huis verhuurd was en dat hij zich opmaakte voor een lange vakantie in het Zwarte Woud en Zwitserland 'waar ik dan een tijdlang vrij van de beslommeringen des levens genieten kan'.⁴⁶ Achteraf was dat een minder gelukkige beslissing: het maakte de vele discussies die nog zouden volgen erg ingewikkeld.

Niet iedereen was overigens direct bereid zich voor Van 't Hoff in te spannen. Dat bleek toen zijn Amsterdamse collega Gunning de Koninklijke Akademie van Wetenschappen tot actie probeerde aan te zetten.⁴⁷ Zijn pleidooi,

gericht tot de voorzitter van de Afdeling Natuurkunde van de Akademie, de astronoom H.G. van de Sande Bakhuyzen, getuigde van inzicht in de redenen waarom Berlijn zo veel belangstelling had voor Van 't Hoff: hij was de exponent van de moderne scheikunde die voor de chemische industrie van steeds groter belang aan het worden was. De inspanningen van Van 't Hoff en anderen zouden ertoe gaan leiden dat men

in alle materiele behoeften der maatschappij [hoopt] te kunnen voorzien, zonder daartoe planten of dieren als bemiddelende voortbrengers noodig te hebben. [...] Koortsachtig zoekt de industrie de scheikundigen tot productie te prikkelen. Zij is er zeker van dat een nieuwe gedachte, hoe abstract heden ook, morgen praktisch zal blijken.⁴⁸

Er was, zo ging Gunning verder, veel geld te verdienen met de scheikunde en daarom hadden in Duitsland de regering en belanghebbenden de handen ineengeslagen en een systematisch programma opgezet. Andere landen, Frankrijk en Engeland, zouden reeds zijn ontwaakt, en Nederland kon en mocht dus niet achterblijven: 'Behoort nu eene Regeering niet van zulke toestanden op de hoogte te wezen, om preventief en repressief te kunnen waken voor de Nederlandsche belangen? En wie zou anders haar raadsman en voorlichter kunnen zijn dan de Akademie?'

Gunning had dit scherp gezien. Alleen al de belangstelling voor Van 't Hoff vanuit Berlijn vloeide voort uit het besef dat in Duitsland de dominantie van de organische chemie tot achterstanden geleid had op het gebied van de anorganische chemie en de chemische technologie. Daardoor zou de positie van de Duitse chemische industrie op termijn schade kunnen oplopen, iets waar de industrie zelf zich maar al te zeer bewust van was. In 1894 waren vertegenwoordigers van de net opgerichte Deutsche Elektrochemische Gesellschaft en de Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands uitgenodigd op het Kultusministerium, waar ze bij monde van Henry Böttinger, directeur van de Farbenfabriken Bayer hun zorgen deelden met Althoff. Diezelfde Böttinger richtte zich met een soortgelijke boodschap keer op keer tot zijn collega's in het Pruisische Huis van Afgevaardigden.⁴⁹ Ook voerde hij strijd tegen een andere steen des aanstoots, de ongelijkheid ten aanzien van het Chemiker-examen. Chemici die hun voor de industrie uiterst nuttige, op de praktijk georiënteerde opleiding aan Technische Hochschulen hadden genoten, konden namelijk niet promoveren, omdat uitsluitend universiteiten het promotierecht bezaten. Ze kregen weliswaar een diploma, maar dat stond veel minder hoog aangeschreven. Hogescholen waren immers meer onderwijs- dan onderzoeksinstituten. Pogingen om aan die ongelijkheid iets te veranderen liepen telkens stuk op de onwil van universiteiten die van het ministerie of de industrie geen inmenging duldden in hun interne zaken.

Pas na een lange strijd verleende de keizer in 1899 het promotierecht ook aan hogescholen.⁵⁰

Inmiddels had Althoff ook op andere terreinen succes behaald. Er waren alternatieve manieren ontwikkeld om wetenschappelijk onderzoek te financieren. Zo was naar het voorbeeld van andere landen een nauwe samenwerking op gang gekomen tussen ministerie, industrie en de universiteiten.⁵¹ Het chemisch-farmaceutische bedrijf Hoechst steunde bijvoorbeeld vanaf 1892 het serumonderzoek van Emil von Behring, die in 1901 naast Van 't Hoff in Stockholm de Nobelprijs voor Geneeskunde zou krijgen, en in hoofdstuk 12 zagen we al dat in 1896 met steun van de Farbenfabriken Bayer Walther Nernst in Göttingen zijn eigen fysisch-chemisch onderzoeksinstituut kreeg, terwijl in 1903, ook in Göttingen, een Laboratorium voor Anorganische Chemie werd opgericht, opnieuw met financiële steun van Bayer en Krupp.⁵² In Nederland was van dit soort ontwikkelingen niets te merken. Rond 1908 werkte slechts 8 procent van de afgestudeerde chemici in de chemische industrie, die vrij sceptisch stond tegenover academisch opgeleiden, of ze nu van universiteiten of de hogeschool in Delft kwamen.⁵³ Dorsman wijt deze houding aan de late industrialisatie in Nederland, 'waardoor er nauwelijks grote industrieën bestonden met eigen researchlaboratoria of met een behoefte aan input vanuit de natuurwetenschappen'.⁵⁴ Pas tegen het einde van de Eerste Wereldoorlog, waarin Nederland door blokkades van de oorlogvoerende partijen in een economisch isolement was geraakt, groeide het besef dat er een betere aansluiting moest komen tussen universiteiten en industrie. In een rede die de Utrechtse hoogleraar Kruyt op 3 april 1918 uitsprak op de jaarvergadering van de Nederlandsche Chemische Vereeniging, zei hij dat het

een zeer te bejammeren zaak [was], dat juist het contact tusschen wetenschap en industrie hier te lande steeds zoo zwak was. Zodoende zijn de groote talenten, die hier in vroeger jaren de wetenschap vooruit gebracht hebben, volkomen onvruchtbaar voor de ontwikkeling der industrie geweest. Het wetenschappelijk peil en de didactische methode waren goed, maar het verband, dat bevruchtend zou moeten werken, ontbrak.⁵⁵

Onder meer vanuit de Akademie van Wetenschappen werden initiatieven ontplooid 'voor het oplossen van oorlogsproblemen'. Op advies van Lorentz stelde de regering een 'Wetenschappelijke Commissie van Advies en Onderzoek in het belang van Volkswelvaart en Weerbaarheid' in, die uiteindelijk in 1932 zou leiden tot de oprichting van TNO.⁵⁶

Maar dat speelde dus allemaal veel later. In 1895 was Gunnings pleidooi tegen dovemansoren gericht. Van de Sande Bakhuyzen ging voorbij aan zijn argumenten, richtte zich uitsluitend op de kwestie zelf en meende pas iets te kunnen doen als er meer duidelijk zou zijn over Van 't Hoff's persoonlijke

motieven. Daarnaast verschool hij zich achter procedurele kwesties. Zo moest eerst de gehele Afdeling Natuurkunde zich achter het initiatief stellen, 'en nu heb ik niet de zekerheid dat zich in de vergadering geen oppositie zal voordoen'.⁵⁷ Wat dat laatste betreft had hij niet helemaal ongelijk, want Van 't Hoff lag niet echt goed bij zijn collega's in de Akademie. Zijn kandidatuur was tot tweemaal toe afgewezen, en eenmaal lid geworden in 1885 was hij verre van actief: in de voorafgaande tien jaar had hij slechts één artikel ingebracht en schitterde hij bij de helft van de maandelijks vergaderingen door afwezigheid. Van de Sande Bakhuyzen stelde daarom voor dat Lorentz samen met collega Van Bemmelen eerst de petitie zou indienen bij de minister en deze dan voor verder advies moest doorverwijzen naar de Akademie.

De verzamelde hoogleraren hadden de minister inmiddels via hun petitie gevraagd een zodanige regeling te treffen dat Van 't Hoff een werkkring aangeboden werd 'met geene andere ambtsplichten dan geacht kunnen worden met zijn wetenschappelijke onderzoekingen in verband te staan'.⁵⁸ Dat Van 't Hoff enige dagen eerder door de keizer in Berlijn was benoemd tot lid van de Orde Pour le Mérite zal ook niet onvermeld zijn gebleven. Minister Van Houten, die via Wertheim al lang op de hoogte was gesteld van de zaak, kwam direct met een eigen voorstel. Van 't Hoff zou worden vrijgesteld van de 'grote' colleges aan beginnende studenten, de bijbehorende examens en de leiding over de practica en mocht een aantal laboratoriumruimten behouden voor eigen onderzoek. Om het verlies aan inkomsten te compenseren dat van dit alles het gevolg was – hoogleraren kregen apart betaald voor het geven van colleges en afnemen van examens⁵⁹ –, stelde de regering een bedrag ter beschikking dat via de Akademie aan Van 't Hoff zou moeten worden betaald. Dit leek een elegante oplossing waar Van 't Hoff ook erg tevreden over was toen hij er begin juni door Lorentz over werd ingelicht.⁶⁰ Het bracht hem er ook toe om de steun die inmiddels via de Universiteitsvereniging was geregeld, tien jaar lang 4000 gulden per jaar voor het aanstellen van een extraordinarius, af te wijzen, omdat zo'n 'offer door stadgenooten, onder deze meer of min dringende omstandigheden gebracht, bij mij uit de aard der zaak op groote bezwaren stuit'.⁶¹

Alles leek nu gereed om het definitieve plan vorm te geven, maar de Akademie, in de persoon van haar voorzitter Van de Sande Bakhuyzen, wilde pas in actie komen nadat Van 't Hoff de voorwaarden op papier zou hebben gezet waaronder hij bereid zou zijn in Amsterdam te blijven. Dat deed hij in een brief van 25 juni – de hele affaire duurde op dat moment al bijna twee maanden.⁶² Van 't Hoff vroeg het volgende:

1 Een extraordinarius die de anders door mij gegeven colleges en bijbehorende examina overneemt en ook de administratieve leiding van het laboratorium heeft.

- 2 Een privaat-assistent en bediende.
- 3 Een subsidie voor hulpmiddelen.
- 4 Vergoeding voor reis- en verblijfkosten, met wetenschappelijk doel gemaakt, tot een zeker maximum.
- 5 Vergoeding van gemis aan college- en examengelden.
- 6 Waarborg dat hetgeen door mij als lid van de commissie voor suikeronderzoek wordt genoten een blijvende verdienste is.

Plotseling zag het Akademiëbestuur echter allerlei beren op de weg. Men achtte zich geen partij in de discussie, was niet precies op de hoogte van de situatie in het Amsterdamse scheikundelaboratorium en bovendien 'is de vacantie ophanden, en kan, door de uitstедigheid van de leden des Bestuurs, op geen onafgebroken activiteit in deze gerekend worden', kortom, het bestuur der Akademie wilde de rol van tussenpersoon tussen regering en gemeentebe-stuur niet op zich nemen.⁶³ Daar dacht minister Van Houten anders over en hij deelde dat Van de Sande Bakhuyzen in een persoonlijke audiëntie mee. Bovendien had de minister inmiddels 'bij geruchte' vernomen dat ook de Universiteitsvereniging wilde bijspringen en dat staatshulp dus eigenlijk niet langer nodig was. Toch bleef hij bereid 2000 gulden per jaar op de begroting te brengen om in Van 't Hoff's 'exceptionele wetenschappelijke behoeften' te kunnen voorzien.⁶⁴



Astronoom Hendricus Gerardus van de Sande Bakhuyzen (1838-1923), die in 1895 als voorzitter van de Afdeling Natuurkunde van de Akademie van Wetenschappen een belangrijke rol speelde in de onderhandelingen over Van 't Hoff's vertrek. Portret van Pieter de Josselin de Jong uit 1898.

Lorentz voelde direct nattigheid: Van 't Hoff had misschien wat al te nadrukkelijk het Amsterdamse voorstel van de hand gewezen door de positieve indruk die bij hem gewekt was over de bereidwilligheid van de minister. Daardoor was '[zijn] weigering meer beslist dan zij anders zou zijn geweest'.⁶⁵ Het waren profetische woorden. In afzonderlijke gesprekken van burgemeester Vening Meinesz van Amsterdam met Van de Sande Bakhuyzen en Van 't Hoff werd duidelijk dat een oplossing ver weg was: Van 't Hoff bleef de steun van de Universiteitsvereniging weigeren, terwijl de bijdrage van regeringswege onvoldoende was om in zijn behoeften te kunnen voorzien. In brieven aan Lorentz en de Akademie kwam hij ook zelf tot die conclusie. Hij dankte zijn collega's voor hun inspanningen en besloot:

wij [bleken] hier te staan voor een vraagstuk, dat met de meest mogelijke bereidwilligheid van alle kanten niet op te lossen bleek. Wat ik vooral hoop, is dat gij en de collega's mij de goede gevoelens zult willen blijven toedragen, die mij in zoo ruimen mate gebleken zijn, en dat gij die later ook op het viertal zult willen overdragen, waarmee ik de wereld in trek.⁶⁶

Met dat laatste doelde Van 't Hoff natuurlijk op zijn vier kinderen, met wie hij en zijn vrouw op 24 juli 1895 richting Duitsland vertrokken voor een wandelvakantie. De afgelopen maanden hadden hem veel energie gekost, maar hij had nu tenminste duidelijkheid. Althans, zo leek het, want een brief, die hij vlak vóór zijn vertrek naar het Zwarte Woud verstuurde, leidde opeens weer tot grote verwarring: Van 't Hoff zette de deur weer op een kier...⁶⁷

Een nieuwe kans

Wat heeft Van 't Hoff in de maanden volgend op zijn ontslagaanvraag bewogen? Dat velen voor hem in het geweer zouden komen, kan niet als een verrassing zijn gekomen. Dat was in 1887 immers ook het geval geweest. Die episode had hem een nieuw laboratorium opgeleverd en het was dus niet vreemd dat sommigen op zijn zachtst gezegd verbaasd waren dat hij zo kort na de ingebruikname ervan alsnog leek te vertrekken. Zijn eigen promotor, de Utrechtse hoogleraar scheikunde Eduard Mulder weigerde zelfs om die reden de petitie van zijn collega-hoogleraren aan de minister te ondertekenen. Volgens V.A. Julius was de eigenlijke reden overigens dat Mulder 'zich veel hooger [acht] dan Van 't Hoff, en meent dus dat hij zich zelve declineert, wanneer hij stappen doet ter wille van iemand, die zoo veel lager staat'.⁶⁸ Ook in kranten en tijdschriften werden Van 't Hoff verwijten gemaakt onder koppen als 'Een wispelturig professor'. Beroemd werd ook de spotprent die Johan Braakensiek op 26 mei 1895 publiceerde in *De Amsterdammer*: Van 't Hoff zag daarin met hulp van het tovervisje al zijn wensen in vervulling gaan, maar overvroeg en raakte alles weer kwijt.⁶⁹ Er werd ook driftig geroddeld over zijn

De wetenschap geprezen en op prijsgesteld,
of
het nieuwe mannetje Tinterlantein.



I. Dr. v. 't H.: Vischje, vischje uit de zee,
Breng je mij een toga mee?
Vischje: Ze is er al!



II. Prof. v. 't H.: Viscchio, vischje uit de zee,
Breng m' een laboratorium mee!
Vischje: Het staat er al.



III. Prof. v. 't H.: Viscchio, vischje uit de zee,
Breng mij nu een Leuwte mee.



IV. Viscchio: Daar is het al.



V. Prof. v. 't H.: Viscchio, vischje uit de zee...?
Vischje: Nog al niet genoeg? — Adjé!

Spotprent van Johan Braakensiek in De Amsterdammer van 26 mei 1895, waarin Van 't Hoff's veeleisendheid aan de kaak werd gesteld.

liefde voor een goed glas wijn. Anderen vonden dat het niet van vaderlands-liefde getuigde dat iemand, die toch een goede positie had en gewaardeerd werd zijn land ging verlaten.⁷⁰ Van 't Hoff zelf heeft weinig over zijn beweegredenen losgelaten, maar in een brief aan de Amsterdamsche Studentensenaat, als dank voor de steunbetuiging die zij begin mei als een van de eersten had uitgesproken, schreef hij daar het volgende over:

Dat Laboratorium was niet een privaat-inrichting voor mijzelve, maar het voldeed aan een werkelijke behoefte; het redde de chemie alhier uit den knel op de Groene Burgwal en was voor de wis- en natuurkundige faculteit in de Plantage de sluitsteen. Ik heb mij dan ook tot plicht gesteld, met de duimstok in de hand, dat Laboratorium aan dien eisch te laten voldoen, gezorgd dat het uit de schuld kwam en dat de inwendige loop van zaken aan alle wenschen voldoet. Het staat nu, ik mag het zeggen, in vollen bloei. Bovendien sloeg ik in dien tijd meer dan een aanbieding van elders af, waaronder een met uitzicht op f 20.000. Ik meen dat daarmee mijn eereschuld, als die bestond, was afgedaan.⁷¹

Van 't Hoff stelde verder vast dat de dagelijkse leiding van het laboratorium in goede handen was, terwijl 'kansen op een andere, voor mij zeer aangename werkkring, wellicht nooit meer terugkomen.' Maar helemaal zeker over die andere werkkring was hij toch niet. Hij had de leerstoel van Kundt al aan zich voorbij laten gaan, en hoewel hij van Planck en Fischer de verzekering had gekregen dat er vóór het wintersemester een geschikte positie voor hem zou worden gezocht, stond daar officieel niets over op papier. Wellicht was hij dus eind juli, toen alle pogingen om hem in Amsterdam te houden waren gestrand, door twijfel bevangen.

In een brief aan Matthes, de voorzitter van de Universiteitsvereniging, gaf hij net voor zijn vertrek naar Duitsland te kennen tóch open te staan voor steun van die kant: weliswaar niet de volledig toegezegde 4000 gulden per jaar, maar slechts 1000 gulden en dan speciaal voor de aanschaf van 'laboratoriumhulpmiddelen'.⁷² Matthes richtte zich geschokt tot Wertheim 'omdat [Van 't Hoff] weer gansch iets anders bedacht'.⁷³ Die wist vervolgens de minister zover te krijgen zijn aanbod te verhogen tot 3000 gulden per jaar. Van 't Hoff moest in ruil daarvoor zijn krachten wijden aan

de bevordering van de vooruitgang der chemische wetenschap, zoo door eigen onderzoekingen als door aanknooping van persoonlijke betrekkingen met binnen- en buitenlandsche geleerden en kennisgeving in loco van de door dezen verkregen uitkomsten of ondernomen wetenschappelijke proeven.⁷⁴

De gemeente Amsterdam zou hem voor deze 'rijksopdracht' de tijd en de middelen moeten verschaffen, wat feitelijk betekende dat Van 't Hoff (ten dele) vrijgesteld werd van onderwijs- en bestuurstaken. Van de Sande Bakhuyzen bracht Van 't Hoff (die inmiddels in het Duitse Ottenhöfen was neergestreken) direct van die nieuwe ontwikkelingen op de hoogte.⁷⁵ Interessant zijn de aantekeningen die Van 't Hoff na lezing op de brief maakt: hij was bereid om het gemis aan college- en examengelden voor lief te nemen, nam ook genoegen met het aanstellen van slechts een enkele persoon in de rol van bediende én privaatassistent, maar concludeerde ook dat het aanstellen van een extraordinarius, hetgeen jaarlijks zo'n 4000 gulden zou kosten, in dit plan onmogelijk was. Veelbetekenend was ook zijn vraag: 'Hoe zal de Minister zich verhouden tegenover een amendement ter verhoging van f 3000 tot f 5000?' In die geest moet ook het antwoord worden gezien dat hij de Akademie stuurde. Dank voor uw moeite, de opdracht door de minister geformuleerd is acceptabel, maar 'een voor mij noodige inlichting van een der leden v/d 2e Kamer zal nog eenig uitstel veroorzaken'.⁷⁶

Van 't Hoff had het hier over een oude studievriend uit Leiden, H.F. Hesselink van Suchtelen. Die was in 1893 benoemd tot burgemeester van Wageningen, en combineerde dat met het lidmaatschap van de Tweede Kamer. Hij liet Van 't Hoff weten welke procedure de minister moest volgen om in de Kamer goedkeuring te verkrijgen voor de financiële steun.⁷⁷ Daarvoor moest óf tussentijds een afzonderlijk wetsontwerp worden ingediend óf bij de begroting voor het volgende jaar ruimte worden vrijgemaakt. De minister zou zich volgens Hesselink van Suchtelen eerst willen verzekeren van het feit dat Van 't Hoff de opdracht daadwerkelijk zou aannemen. Pas na indiening kon dan een amendement tot verhoging worden voorgesteld. Maar, zo schreef Hesselink:

Ongaarne ziend dat men in zaken als deze karig en bekrompen te werk gaat, ben ik bereid om nader te overwegen wat ik voor U kan doen, hetzij direct of door anderen bij den Minister en langs officiëuze weg, hetzij door een amendement voor te stellen, nadat ik mij vooraf van de min of meer vriendschappelijke houding die die Minister daartegenover zal aannemen heb overtuigd.⁷⁸

Van 't Hoff maakte daarom nog eens duidelijk aan Van de Sande Bakhuyzen dat waar de door hem gewenste verhoging 'als rijksuitgave moeilijk bezwarend kan worden genoemd', het bijpassen van hetzelfde bedrag door particulieren voor hem 'iets zeer drukkends' was, omdat hij zo afhankelijk zou worden 'van het gemeentebestuur, van de collega's, wier welwillende tusschenkomst mij steunde, van de Koninklijke Akademie en dan nog van mijn' directe omgeving; ongerekend nog het zoo uitermate menselijk verschijnsel van eenige teruggang in de warmte der gevoelens als eenmaal alles geregeld zal zijn'.⁷⁹

Met die boodschap ging de voorzitter van de Akademie terug naar de minister, maar die bleek onvermurwbaar. Hij achtte 3000 gulden 'een behoorlijke remuneratie' en sprak ten aanzien van Van 't Hoff de hoop uit dat deze zou voortgaan 'uw krachten te wijden, niet alleen aan uw eigene onderzoekingen maar ook aan de vorming der eigenlijke chemici'.⁸⁰ Wat bij dit besluit zeker zal hebben meegewogen, is dat inmiddels duidelijk was geworden dat er nog helemaal geen aanbod uit Berlijn lag. Van de Sande Bakhuyzen had namelijk inlichtingen ingewonnen bij de Pruisische Akademie van Wetenschappen, en van haar secretaris, de sterrenkundige Arthur Auwers, vernomen dat er geen plannen waren om Van 't Hoff naar Berlijn te halen.⁸¹ Na de eerste pogingen in december 1894 hadden enige leden van de Akademie weliswaar de wens uitgesproken om Van 't Hoff als Akademiehoogleeraar te benoemen, maar dat waren slechts persoonlijke initiatieven geweest, terwijl de fondsen die daarvoor gebruikt zouden moeten worden inmiddels voor andere doelen waren bestemd.⁸²

En zo verstreek midden september de datum waarop Van 't Hoff ontslag verleend had moeten worden. In de *Series Lectionum*, de lijst van in het komend academisch jaar te geven colleges, stonden zijn normale colleges nog steeds genoemd, iets wat volgens het *Algemeen Handelsblad* 'de waarschijnlijkheid versterkt, dat Amsterdam dien geleerde behouden mag'. *De Telegraaf* wist zelfs te melden dat er al een regeling was getroffen waarin Van 't Hoff meer tijd werd gelaten voor wetenschappelijk onderzoek door hem van sommige colleges te vrijwaren. Maar binnen de faculteit was daar niets over bekend en bij monde van haar voorzitter Korteweg informeerde men of Van 't Hoff er nog over dacht om terug te komen en zo ja, wanneer dan uiterlijk.⁸³ Ook B&W vroegen hem officieel terug te keren in afwachting van een definitief besluit over zijn ontslag.⁸⁴ Maar Van 't Hoff was teleurgesteld en antwoordde dat hij geen reden zag om binnenkort naar Amsterdam terug te komen, zulks niet uit onwelwillendheid, maar als 'een natuurlijk gevolg van de loop der zaken'.⁸⁵ Voor Korteweg was dat aanleiding om over een opvolger te gaan nadenken, en hij vroeg onder andere Van Bemmelen advies over twee kandidaten: Bakhuis Roozeboom, op dat moment lector fysische chemie aan de rijksuniversiteit van Leiden, en Cornelis Adriaan Lobry de Bruyn, scheikundige bij de Nederlandse Marine in Den Helder.⁸⁶

Van 't Hoff ging in een uitgebreid antwoord aan de Akademie nog eens in op de beweegredenen voor zijn weigering het aanbod van de minister aan te nemen: de door deze toegezegde gelden waren weliswaar voldoende om een lector aan te stellen die het onderwijs aan jongerejaars en de leiding over het practicum zou kunnen overnemen, maar het gemis aan examengelden, de extra reis- en verblijfkosten voor deelname aan internationale bijeenkomsten en de onmogelijkheid om zijn werk in de Suikercommissie voort te zetten, zouden leiden tot 'een voor mij niet onbelangrijk tekort dat

ik tegenover mijn gezin bij de klimmende eischen van het leven niet kan verantwoorden.⁸⁷ Hij zou de burgemeester gaan vragen om een spoedige afhandeling van zijn ontslagaanvraag. Maar dat deed hij niet. Hij liet B&W juist weten méér tijd nodig te hebben om tot een definitief besluit over zijn ontslagaanvraag te komen, en nog veel belangrijker, om Berlijn tijd te geven met een definitief aanbod te komen. Daarom vroeg hij de wethouder van Onderwijs om zijn verlof tot aan de kerstvakantie te verlengen. Hij zou 'zeer gaarne eenige tijd hebben om, laat ik zeggen, wat te bekomen'⁸⁸ en had rust nodig 'die mij na al de slingeringen van den laatsten tijd wel toekomt'.⁸⁹

Dat werd toegestaan, al maakt Van 't Hoff's handelwijze hem er bij alle partijen opnieuw niet populairder op. Bij B&W begon het idee post te vatten dat hij de zaak aan het traineren was, de Universiteitsvereniging wist niet meer of hij nu wel of niet een deel van de toegezegde financiële steun wilde hebben, de Akademie had net de minister bericht dat Van 't Hoff definitief géén gebruik zou maken van het aanbod van de regering en derhalve voor Nederland verloren was en de faculteit zag zich geconfronteerd met een onverwachte onderwijslast.⁹⁰ Wat dat laatste betreft bood Gunning uitkomst toen hij een regeling trof om colleges en practica op te vangen, iets waarvoor Van 't Hoff overigens zelf ook financiële offers bracht.⁹¹ Daarbij kwam Matthes hem te hulp door opnieuw Wertheim te verzoeken bij de minister te bemiddelen. Wertheim deed dat met verve, ook al liet hij allereerst weten dat van een benoeming te Berlijn vooralsnog geen sprake was: 'Van 't Hoff zelf is illusionist, en heeft de verzekering van enkelen, wellicht als de meening van allen aangezien'.⁹² Maar daarop hield hij een gloedvol pleidooi:

Nu komt het erop aan hem te behouden en een brug te bouwen die hem het terugkomen mogelijk maakt en de wetenschap ten goede komt. Het is ontegenzeggelijk (en mannen als Helmholtz, Pasteur en anderen hebben dat bewezen): van de man die zich ongestoord en onbelemmerd aan de wetenschap kan wijden, gaan bezielingen en ontdekkingen uit die anders in den tredmolen van het werkelijke leven verloren zouden gaan of onvolledig zouden blijven. Wilt gij dus het standpunt goedkeuren dat Van 't Hoff worde voorgedragen om zijn groote verdiensten onverschillig van hetgeen elders gebeurt, dan zal dit ook het uitgangspunt zijn van de Voorzitter van de Akademie en zal hij zich onmiddellijk met zijn bureau en met den Burgemeester van Amsterdam in aanraking stellen, ten einde aan uw wenschen te voldoen.⁹³

Ook het antwoord van Van Houten mocht er zijn:

Voor de eer van het land was ik steeds in twijfel of het niet wenschelijker ware hem de veronderstelde roepstem naar Berlijn te laten volgen, en op

mijn besluit is het van geen invloed, of hij al dan niet in zijne verwachtingen bedrogen is of wordt: wij staan voor het feit dat zonder eenigen ongewonen maatregel, Van 't Hoff hier of daar bij eene academie of fabriek, en waarschijnlijk niet hier te lande, terecht komt.⁹⁴

Dat gaf Wertheim voldoende reden om Van 't Hoff per ommegaande te laten weten 'dat de Minister tot krachtige medewerking bereid is' en dat 'een bevestigend schrijven [...] voor ons allen een vreugdemare [zal] zijn'.⁹⁵ Op dezelfde dag dat Wertheim zijn brief schreef, deed ook Lorentz 'mede namens collega Kamerlingh Onnes' een brief op de post naar Duitsland. Die kwam een dag later aan. Dat blijkt uit een dagboekje dat zijn echtgenote Jenny bijhield tijdens de vakantie. Op 30 oktober schreef ze: 's Morgens leeren; aan tafel kwam de brief van Lorentz, die veel te denken gaf; we wandelden op de Kapfenberg, waar het met 't prachtige weêr buitengewoon mooi was. De kinderen liepen nog door naar de beek van den Speer, en wij bepraatten toen het gaan naar Amsterdam of Berlijn.' Ook dochter Jenny jr. noemde de brief in haar uitgebreide reisdagboek: 'Vandaar gingen we langs een klein paadje en kwamen op den weg naar den Speer uit. Pa en Ma keerden toen om over een' brief te spreken en wij gingen door naar de beek, waar wij heerlijk speelden'.⁹⁶ Wat had Lorentz nu precies te vertellen? Hij had uit goede bron vernomen 'dat er naar alle waarschijnlijkheid van de Akademische Professur [leerstoel, RvdB] te Berlijn niet zal komen. Het zal U gemakkelijk vallen, U hieromtrent zeker-



Samuel van Houten (1837-1930) voerde als minister van Binnenlandse Zaken namens de regering de onderhandelingen om Van 't Hoff's vertrek naar Berlijn te voorkomen.

heid te verschaffen, en gij zult ons wel willen ten goede houden dat wij U ronduit zeggen wat ons ter oore is gekomen. Wij zouden het zeer betreuren, zoo al de onderhandelingen en besprekingen van dezen zomer tot geen ander resultaat leidden dan dat gij het slachtoffer werd van een of ander misverstand.⁹⁷

Het is niet bekend wanneer de positief gestemde brief van Wertheim Van 't Hoff in het buitenland bereikte. Ook Matthes deed nog een duit in het zakje toen hij op 30 oktober schreef dat de 3000 gulden waar Van 't Hoff *voor zichzelf* van afzag, beschikbaar zouden zijn voor de aanstelling van een lector of buitengewoon hoogleraar om hem van zijn onderwijs- en beheerstaken te ontlasten.⁹⁸ Daarmee leek (binnen een maand) opeens een volledige ommekeer te hebben plaatsgevonden. Volgens Lorentz had Berlijn niets te bieden, en de minister en de Universiteitsvereniging legden een voorstel op tafel waar Van 't Hoff alleen nog maar ja op hoefde te zeggen. Toch bleef het vanuit Zwitserland, waar de familie inmiddels was gearriveerd, angstig stil. Daar was ook reden voor. Van 't Hoff had namelijk per telegram bij Emil Fischer geïnformeerd naar de situatie in Berlijn. Diens antwoord kwam een dag later al binnen bij Hotel en Pension Rössli in Weesen, waar de familie op dat moment verbleef:

Verhandlungen gerade begonnen. Noch keine Beschluss gefasst. Aussichten nicht schlecht.⁹⁹

Berlijn was weer wakker geworden.

Intussen in het zuiden van Duitsland en Zwitserland

Inmiddels was Van 't Hoff met zijn gezin al drie maanden aan het wandelen in Duitsland en Zwitserland.¹⁰⁰ Hij wilde naar het Zwarte Woud, 'de droom van mijn jeugd'.¹⁰¹ Op 23 juli was het huis aan de Stadhouderskade 73 leeggehaald en was al het huisraad tijdelijk opgeslagen op de zolder van het Chemisch Laboratorium. Omdat er desondanks nog veel kleinigheden te pakken waren, vertrokken ze die ochtend pas om elf uur met de trein, om 's avonds om acht uur hun intrek te nemen in een hotel in Koblenz. De volgende dag ging het via overstappen in Darmstadt en Karlsruhe verder in de richting van het Zwarte Woud. In Karlsruhe ging het nog bijna verkeerd, toen de gezinsleden rustig zaten te eten in de restauratie in de verwachting nog ruim de tijd te hebben, toen plotseling duidelijk werd dat de trein in vijf minuten zou vertrekken. Het scheelde weinig of Aleida was achtergebleven: 'Eindelijk kwam Papa eraan en vlogen wij erin, maar Zus was er nog buiten, toen de trein al ging en werd er door Papa en de conducteur ingetrokken'.¹⁰² Uiteindelijk werd Achern bereikt, een klein plaatsje in het Zwarte Woud. Vandaar was het de

volgende dag nog 10 kilometer te voet naar Ottenhöfen. De meeste bagage werd later nagestuurd. Het Gasthof Zur Linde, waar vijf kamers werden betrokken, vormde de twee weken hierop de uitvalsbasis voor een aantal flinke wandelingen door berg en bos, waarbij er onderweg telkens wel even werd stilgehouden bij een beekje of een meer, zodat de kinderen konden spelen, wat onherroepelijk ook een aantal keren tot een nat pak leidde. Intussen gaf Jenny de kinderen alvast wat Duitse les of vertelde Van 't Hoff over de planeten.

Vervolgens trok het gezin verder in de richting van Zwitserland. In een reis van een week wandelden ze meer dan 100 kilometer naar de Titisee, waar ze in het nabijgelegen Neustadt hun intrek namen. Onderweg hield ieder zijn eigen tempo aan, waardoor degene die op de jongste zoon Goof moest passen, die nog maar net zes jaar oud was geworden, meestal de achterhoede vormde:

Goof kon haast niet meer voort, en we bleven zóóver achter, dat we Papa en Mama niet meer zagen. Op goed geluk liepen we toen een weg in en zagen Mama al gauw. Hen en Zus waren bezig een kar de berg op te trekken, en Goof die natuurlijk in 't geheel niet moede meer was, hielp mede.¹⁰³

Van 't Hoff liep bovendien veel meer, om alvast een hotel te regelen of om ervoor te zorgen dat de grote koffers zouden worden opgehaald. En als Goof het echt niet meer trok, nam hij hem gewoon op de schouders. Eenmaal gearriveerd in Neustadt verliepen de dagen niet veel anders dan in Ottenhöfen. Er werd elke dag wel gewandeld, naar een meer, een uitkijktoren, of een bergtop. Onderweg werd op een klein kookstelletje een simpele maaltijd bereid en af en toe aten ze in een Gastwirtschaft. Als dat tenminste niet al te duur werd, want gezien de vele verwijzingen naar de prijs van maaltijden of overnachtingen in het dagboek van moeder Jenny werden de uitgaven streng in de gaten gehouden.¹⁰⁴ Opvallend is dat de kinderen vaak bier te drinken kregen, iets wat een keer helemaal verkeerd viel: 'We konden haast niet op onze beenen blijven staan. Ik gleed tot groten lach van allen in een greppel. [...] Goof rolde den berg een eind af, ook al van dat ééne glas bier; hij had het niet eens heelemaal opgedronken.'¹⁰⁵ Blijkbaar was er in Neustadt minder te beleven, want na een week trokken ze alweer verder, richting Stühlingen, vlak bij de Zwitserse grens.

Daar zouden ze meer dan vijf weken blijven, tot aan begin oktober. Het hotel Zur Post bood naast een aantal ruime kamers ook lekker eten voor een lage prijs en bovendien een kegelbaan waar de kinderen bijna dagelijks te vinden waren. Nadat ze op 30 augustus de verjaardag van Van 't Hoff hadden gevierd met een bezoek aan de waterval van Schaffhausen, waar vooral de vuurpijlen en het Bengaals vuur 's avonds diepe indruk maakten op de kinderen, was de vakantie feitelijk voorbij. Maandagochtend 2 september 'kregen we voor 't eerst



*Familiefoto's van de
voettocht in het Zwarte
Woud en Zwitserland
in de twee helft van 1895.
Afgebeeld zijn Jenny
met de vier kinderen
(Aleida, Jenny jr., Goof
en Han), en de twee
zoons Han en Goof.*

les van Papa. We hadden Plantkunde en moesten een *Convolvulus* bestemmen [een zilverwinde determineren] en er de merkwaardigheden van opschrijven.' Goof kreeg er zijn eerste leeslessen. De lessen vonden in elk geval 's ochtends plaats, maar namen ook wel de gehele dag in beslag. Het was voornamelijk Jenny die er zich om bekommerde, 'omdat Papa al zooveel voor zichzelf moet schrijven'.¹⁰⁶ Inderdaad was Van 't Hoff gewoon weer aan het werk gegaan. Hij corrigeerde de drukproeven van de vertaling van zijn *Études* en schreef het voorwoord, alles in nauw contact met Cohen.¹⁰⁷ Ook schreef hij nog een artikel voor het *Zeitschrift*, over een alternatieve verdunningswet voor sterke elektrolyten.¹⁰⁸ Eind september werden ook weer de contacten met Amsterdam hernieuwd, maar veel vooruitgang was er niet bereikt; ook daar was het immers zomervakantie geweest.

Telkens als er in de weken daarna een brief uitging of eentje was gekomen, gingen Van 't Hoff en Jenny even wandelen om de inhoud of eventuele volgende stappen te bespreken. De vrije tijd werd als vanouds doorgebracht met wandelen, waarbij nu ook telkens foto's gemaakt werden. Van 't Hoff had ter ere van zijn verjaardag een fototoestel aangeschaft, inclusief chemicaliën, zodat het verdere verblijf kon worden vastgelegd.¹⁰⁹ De volgende halte was het Zwitserse Weesen aan de Walensee, dat werd bereikt na een tocht van meer dan 140 kilometer, die onder andere langs Zürich leidde. Ze zouden er weer een maand blijven. Te midden van alle wandelingen en uitstapjes werkte Van 't Hoff er weer gestaag door. Zo schreef hij er een boek over dubbelzouten, dat later bij Vieweg zou verschijnen.¹¹⁰ Het was ook in Weesen dat Van 't Hoff de kinderen voor het eerst informeerde dat als ze niet teruggingen naar Amsterdam, ze naar Berlijn zouden gaan. Wat de kinderen daarvan vonden is onbekend. De laatste etappe van de reis voerde verder in zuidelijke richting, dwars door Zwitserland. Na een tocht van iets meer dan een week, die vanwege het steeds slechter wordende weer deels per trein werd afgelegd, werd het meer van Lugano bereikt. Daar verbleef het gezin nog zes weken in het pension Du Midi. Daar ook viel uiteindelijk de beslissing over het vertrek naar Berlijn.¹¹¹

De kogel gaat door de kerk

Hoewel Van 't Hoff natuurlijk niet in detail op de hoogte was van wat er in Berlijn voor hem werd gedaan, zal hij zeker opgelucht zijn geweest over het telegram dat Fischer hem op 31 oktober had gestuurd, ook al bracht dat hem wel in een lastige positie. Als hij nu zou laten weten dat hij overwoog in te gaan op een concurrerend aanbod uit Nederland, zou hem dat niet in dank worden afgenomen. Vanuit Nederland voerde Wertheim bovendien de druk op: Van 't Hoff moest bevestigen dat hij de regeling accepteerde. Dan pas zou Van de Sande Bakhuyzen, die formeel zijn goedkeuring moest geven aan het plan, omdat de Akademie er een centrale rol in speelde, er zijn goedkeuring aan geven.¹¹² Deze verwachtte 'ondanks enige oppositie' het voorstel wel goedgekeurd te

kunnen krijgen, maar vroeg Wertheim om Van 't Hoff duidelijk te maken dat het bedrag dat de minister oorspronkelijk in het vooruitzicht stelde niet was veranderd.¹¹³ Om daar enigszins vilein aan toe te voegen:

Ik zou toch vreezen dat bij de levendige verbeeldingskracht van mijn geachte collega die som langzamerhand was gegroeid. Eene kalme vingerwijzing naar de werkelijke toestand kan dunkt me geen kwaad.¹¹⁴

Wertheim liet dit in zijn correspondentie met Van 't Hoff wijselijk achterwege, maar kreeg desondanks geen bevestiging. Daarom deed hij nog één poging om de minister te overtuigen het voorstel niet op de reguliere begroting te zetten, maar dit later op een zogeheten suppletoire begroting te doen.¹¹⁵ Die was daar niet toe bereid 'daar ik deze soort aanvragen zoo veel mogelijk vermijd en de "wankelmoedigheid" van den betrokkene geen voldoende argument voor afwijking van den goeden regel oplevert, om het in een jaar noodige zoo immer mogelijk ineens aan te vragen'.¹¹⁶

In Berlijn was half oktober in de Akademie en op het Kultusministerium de discussie rond een eventuele benoeming van Van 't Hoff weer aangezwengeld. De onderhandelingen werden door Planck en Fischer met Althoff gevoerd en gingen met name over de financiële eisen die Van 't Hoff bijna een jaar eerder gesteld had.¹¹⁷ Fischer zou de Akademie uiteindelijk steun vragen voor een 'buitengewoon hoog salaris' van 15.000 mark, omdat Van 't Hoff 'onder de nog levende natuur- en scheikundigen een van de voornaamste plaatsen inneemt'.¹¹⁸ Hij was 'de schepper van een nieuwe, vruchtbare tak van moleculaire fysica', werkte zowel op theoretisch als experimenteel gebied, en zijn manier van presenteren was 'helder en stimulerend'. En zo extreem hoog was het salaris ook weer niet. Hermann von Helmholtz bijvoorbeeld incasseerde rond 1888 al zo'n 23.000 mark van de Akademie en de universiteit en Gustav Kirchhoff in het midden van de jaren tachtig bijna 17.000 mark, waarvan de helft van de Akademie kwam.¹¹⁹ Speciaal voor Van 't Hoff zou een leerstoel aan de universiteit worden ingesteld, met 'zodanige verplichtingen [...] dat zijn wetenschappelijk werk er niet onder leidt'.¹²⁰ De formele beraadslagingen over zijn aanstelling begonnen op 21 november,¹²¹ maar de uitslag was zeker geen uitgemaakte zaak. De secretaris van de Akademie Auwers schreef op 29 november, vlak voor de stemming, nog aan Althoff dat het er weliswaar gunstig uitzag, 'maar dat niemand kon garanderen dat er niet nog een dozijn zwarte kogels zouden vallen'.¹²²

In Lugano polste Van 't Hoff intussen hoe de rest van het gezin tegenover een eventueel vertrek stond. Hij vroeg iedereen voor zichzelf de positieve en negatieve argumenten een cijfer te geven en daarna de lijst op te tellen. Daar kwam uit dat de drie oudste kinderen liever in Amsterdam bleven, terwijl de ouders en Goof, die in Berlijn een nieuw jachtterrein hoopte te vinden om

zijn vlinderverzameling uit te breiden, vóór Berlijn kozen. De oudste dochter, Jenny jr. doorbrak vervolgens de patstelling door van kamp te veranderen, omdat ze vond dat ze niet tegen haar ouders kon stemmen.¹²³ Toch bleef Van 't Hoff wikken en wegen, zoals eind november bleek uit een brief die hij vanuit Lugano aan Van de Sande Bakhuyzen stuurde. Een voorstel van de minister zou hem nog steeds zeer welkom zijn 'als degenen, die zich moeite voor mij geven, slechts tot zekere hoogte slagen (m.a.w. blijven beneden de toegezegde faciliteiten en f 9000 inkomen)'.¹²⁴ Maar dat voorstel zou er nooit komen. In de tram in Amsterdam hoorde Matthes van Wertheim 'dat hij van den Minister had vernomen dat de begroting afgesloten is en hij dit jaar niets meer voor Van 't Hoff kon doen. Hij bleef bereid den post op de volgende begroting te brengen, maar voor 1896 was het te laat'.¹²⁵ Volgens Wertheim was dit het gevolg van Van 't Hoff's talmen en besluiteloosheid.¹²⁶

Erg lang zou Van 't Hoff daar niet om hoeven treuren, want begin december liet Fischer hem weten dat in een geheime zitting de Mathematisch-Fysische Afdeling tot zijn benoeming als lid van de Pruisische Akademie had besloten. Hij zou bovendien tot hoogleraar worden benoemd, en hoefde daarvoor slechts één uur college per week te geven. Zijn salaris zou 10.000 mark bedragen, maar Fischer verwachtte dat het ministerie de resterende 5000 mark wel zou bijpassen.¹²⁷ Hetgeen gebeurde. Van 't Hoff kreeg verder een eenmalige vergoeding van 15.000 mark voor het inrichten van een laboratorium en daarnaast een vergoeding voor de ondersteuning van zijn wetenschappelijk onderzoek van 1800 mark per jaar.¹²⁸ Hoezeer toch ook geld een rol in de hele affaire had gespeeld, blijkt uit Van 't Hoff's reactie, waarin hij aangaf dat laatste wat weinig te vinden, en vreesde zijn eigen salaris te zullen moeten aanspreken voor zijn onderzoek.¹²⁹ Maar ook dat gaf geen enkel probleem, de toelage werd begin januari 1896 verhoogd tot 2400 mark.¹³⁰ In een plenaire zitting van de Akademie werd hij vervolgens op 30 januari 1896 tot lid gekozen. Daarnaast werd hij benoemd tot 'ordentliche Honorarprofessor' aan de Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlijn, met als enige eis dat hij tenminste een uur per week college moest geven over een door hemzelf te bepalen onderwerp. Diezelfde dag nog deelde Van 't Hoff dat in een licht triomfante lijke brief aan Van de Sande Bakhuyzen mee: 'Verder kan ik mij geheel wijden aan studie en onderzoek, terwijl mij de middelen zijn verstrekt voor inrichting en onderhoud van een klein privaatlaboratorium waar ik, desverkiezend met enkele vergevorderden, werkzaam kan zijn. Ook het toegezegde honorarium is onverminkt uit de onderhandelingen voor de dag gekomen'.¹³¹ Op 26 februari ten slotte, volgde de definitieve bevestiging van beide benoemingen door de keizer.¹³²

Amsterdam was toen wel klaar met hem. Zijn aanbod om onderwijs te blijven geven zolang hij nog in Nederland was, werd 'in het belang van een geregelden gang van het onderwijs' beleefd afgewezen en per 1 januari 1896

werd hem eervol ontslag verleend.¹³³ De procedure voor de benoeming van een opvolger was toen al lang in gang gezet. Toen begin oktober meer en meer duidelijk was geworden dat Van 't Hoff hoogstwaarschijnlijk niet in Amsterdam zou blijven, was door de faculteit een commissie aangesteld (bestaande uit de hoogleraren Van der Waals, Korteweg, Gunning en De Vries) die een opvolger moest identificeren.¹³⁴ Die commissie bracht op 16 december verslag uit met de aanbeveling om de Leidse lector Bakhuis Roozeboom bij B&W voor te dragen als – vooralsnog *tijdelijk* – opvolger.¹³⁵ Maar aangezien het ontslag van Van 't Hoff binnen een aantal dagen was goedgekeurd door de gemeenteraad, droeg de faculteit op 15 januari 1896 Bakhuis Roozeboom formeel voor als opvolger. Hij was de enige die daarvoor in aanmerking kwam: 'In het standaardwerk van Nernst over theoretische chemie wordt meermalen op hoogst vereerende wijze van zijn arbeid melding gemaakt.'¹³⁶ En hoewel er onder de jeugdige chemici ongetwijfeld uitnemende krachten scholen, 'heeft niemand hunner het in vergelijking met Dr. Bakhuis Roozenboom gebracht'. Omdat er nu eenmaal twee kandidaten op de voordracht dienden te staan, werd ook Svante Arrhenius opgevoerd, maar die verkeerde in zalige onwetendheid van zijn kansen om in Amsterdam zijn boezemvriend op te volgen. Bakhuis Roozeboom zou op 27 april 1896 zijn oratie houden.¹³⁷

Op dat moment had ook Gunning al laten weten dat hij om gezondheidsredenen aan het eind van dat cursusjaar zijn ontslag zou indienen, en moest de faculteit dus opnieuw op zoek naar een opvolger. Na overleg binnen de faculteit werden twee kandidaten voorgedragen, Sebastiaan Hoogewerff, hoogleeraar scheikunde aan de Polytechnische School te Delft, en Lobry de Bruyn, als scheikundige verbonden aan de Nederlandse Marine in Den Helder. Zij werden eind mei 1896 voorgedragen bij de curatoren, beide met een uitstekende staat van dienst wat betreft wetenschappelijk onderzoek in de organische chemie.¹³⁸ Als docent en leider van een groot laboratorium in Delft en lid van de Akademie van Wetenschappen had Hoogewerff de voorkeur, maar tot schrik van faculteit, curatoren en B&W bleek hij niet bereid om Delft te verruilen voor Amsterdam, omdat hij zich niet kon vinden in de manier waarop het scheikundeonderwijs er was verdeeld. Bovendien zag hij er om gezondheidsredenen tegen op aan een nieuwe werkkring in Amsterdam te beginnen.¹³⁹ Uiteindelijk werd Lobry de Bruyn dan ook benoemd, waarna Amsterdam met twee nieuwe hoogleraren scheikunde het cursusjaar 1896-1897 zou beginnen.

Van 't Hoff nam op 14 maart afscheid van zijn (oud-)leerlingen en drie dagen later vond tijdens een diner het officiële afscheid van de universiteit plaats. Onder de vele gelukwensen en reacties die volgden, waren er een aantal waarin gezinspeeld werd op de vijandige houding jegens Van 't Hoff in de maanden waarin de discussies rond zijn vertrek zich afspeelden. Zo deed in

hebben gevraagd of men er ook treinkaartjes verkocht, waarna hij door de bakker hardhandig de zaak uit was gezet en onder het oog van enkele studenten languit op straat terecht was gekomen. Een ander incident had te maken met zijn hooikoorts waarvan hij veel last had, en waarvoor hij soms een prop in chloroform gedrenkte watten in zijn neus stopte. Eens was hij blijkbaar uitgeschoten met de chloroform en bewusteloos geraakt, waarna hij opnieuw door studenten was gevonden: 'en weldra verspreidde zich als een vuurtje onder de studenten het gerucht: zie je wel dat van 't Hoff aan den drank is, zelfs in het Laboratorium bedrinkt hij zich!'¹⁴¹ Zelf was hij hier nogal laconiek over:

Ook van praatjes zou ik mij niet te zeer bekommeren; die verdwijnen vanzelf gemakkelijk, maar door dwang is daar dikwijls niet zoo heel veel aan te doen. Bovendien heb ik in die richting wel meer gehad. Ik let op de meening van mijzelf en van enkele autoriteiten, dat is mijn roer, en op de toegenegenheid van het opkomend geslacht, dat is de wind die in de zeilen waait.¹⁴²

En in een latere brief vanuit Berlijn aan Cohen grapte hij: 'Ziet men mij nog wel eens in de Rotonde?'¹⁴³ Voor Van 't Hoff was de zaak gesloten. Hij drukte Cohen nog op het hart 'geen voedsel te geven aan de gedachte dat niet het mogelijke voor mij is gedaan; denk liever aan de vele zelfverloochening, die van meer dan een kant is gebleken, en aan mijn' overtuiging dat de ontstane toestand de gezonde, ongedwongen oplossing is.'¹⁴⁴

In een soort van zelfreflectie, die hij eind 1895 in Lugano op papier zette, achtte hij zijn ontslagaanvraag 'tijdig', 'omdat verandering van personeel midden in den cursus voor de gang van het onderwijs nadelig is'.¹⁴⁵ Ook wees hij op het nadelig effect van de publiciteit die het directe gevolg was van zijn ontslagbrief, al had hij 'deze persoonlijk op 't stadhuis gebracht om aan B&W ter hand te stellen'. Een laatste opvallend punt was dat hij meende van zijn verlof 'het uiterste gebruik gemaakt [te hebben] om een oplossing met aanblijven in Amsterdam te verkrijgen'. Het is de vraag of die inschatting juist was. Zijn vakantie in Duitsland en Zwitserland, hoe welverdiend en nodig ook, maakte de communicatie erg ingewikkeld en maakte het bovendien onmogelijk om in een persoonlijk onderhoud met de minister zijn standpunt uiteen te zetten, iets wat hij volgens Cohen graag had gedaan, en wat deze verscheidene malen via Wertheim heeft proberen te regelen. Wertheim meende echter dat 'zoowel van 't Hoff als Van Houten onpraktische mensen waren en een dergelijk gesprek tot onaangename oogenblikken zou leiden'.¹⁴⁶ In zijn persoonlijke terugblik zag Van 't Hoff het belangrijkste punt over het hoofd, en dat is zijn eigen reactie op het aanbod van de Universiteitsvereniging. Als hij dat direct zou hebben afgewezen, was veel onduidelijkheid vermeden en had

de zaak misschien heel anders kunnen verlopen. Sowieso heeft de financiële kant van de zaak voor hem steeds een belangrijke rol gespeeld. Hij ervoer de groeiende financiële verantwoordelijkheid van een gezin met vier opgroeiende kinderen overduidelijk als een last. Ook het eerste aanbod uit Berlijn was immers stukgelopen op zijn hoge financiële eisen.

Het is te simpel om Van 't Hoff's vertrek volledig in de schoenen van de minister te schuiven, zoals Cohen later zou doen. Van Houten was wel degelijk bereid geweest om Van 't Hoff tegemoet te komen door geld beschikbaar te stellen en hem zo voor het Nederlandse *onderzoek* te behouden. Dat hij ook van mening was dat Van 't Hoff niet verloren mocht gaan voor het *onderwijs*, en zijn beste krachten moest blijven wijden 'aan de vorming der eigenlijke chemici',¹⁴⁷ is niet onterecht, maar dat was nu juist waar Van 't Hoff meer dan genoeg van had. Nee, het was rector-magnificus Max Conrat, die in zijn rectoraatsrede van 1896, waarin hij uitgebreid inging op het vertrek van Van 't Hoff, de spijker op de kop sloeg. Hij suggereerde dat de zaak Van 't Hoff een 'misschien reeds sedert langen tijd in 't verborgen werkend gebrek in het bestuur van het rijk [aan het licht gebracht had], dat een bijzonder en technisch geschoold centraal departement voor de belangen van het hooger onderwijs en van de geleerde kultuur in 't algemeen gemist wordt'.¹⁴⁸ Dat was de reden dat niemand zich druk maakte over de argumenten die Gunning had aangedragen, te weten het belang van een zich steeds meer verbredend scheikundig onderzoek voor de ontwikkeling van een nationale chemische industrie. De Akademie, die in de persoon van Van de Sande Bakhuyzen een spilfunctie kreeg toebedeeld in deze zaak, liet zo een prachtige kans liggen om de regering het belang daarvan te laten inzien en aan te tonen dat ze wél wist waar het in deze affaire eigenlijk om ging: 'niet om het behoud van deze ene scheikundige voor Nederland, maar om de vraag hoe de Nederlandse regering diende te reageren op het bewuste industrie- en wetenschapsbeleid van de ons omringende landen'.¹⁴⁹

Naschrift

Op de dag van de onthulling van het standbeeld van J.H. van 't Hoff, 17 april 1915 aan de 's Gravendijkwal in Rotterdam, publiceerde de *Nieuwe Rotterdamse Courant* een artikel van Ernst Cohen over diens overleden leermeester. Net als Cohens drie jaar daarvoor verschenen hagiografie was dit een aaneenschakeling van superlatieven, maar het bevatte ook een opvallend felle paragraaf gewijd aan Van 't Hoff's vertrek uit Nederland in 1896:

Bureaucratische kortzichtigheid heeft belet den genialen onderzoeker, den voortreffelijken docent hier te lande eene positie te scheppen, gelijk hem die op voorstel der 'Preussische Akademie der Wissenschaften' in het Athene aan de Spree werd aangeboden. Meent men, dat het onverschil-

lig was, in welk land een man als Van 't Hoff zijnen arbeid voortzette, op grond der overweging, dat de resultaten ten slotte toch der geheele menscheit ten goede zouden komen, dan miskent men den waren toestand te eenen male.¹⁵⁰

Toen Lorentz het artikel die avond onder ogen kreeg, was hij onaangenaam verrast. Een maand later – hij was er de man niet naar om overhaast te reageren – schreef hij Cohen een brief, omdat hij vond dat deze in zijn uitlatingen te ver was gegaan.¹⁵¹ Hij had zijn herinneringen aan de zaak ‘nog eens wat opgefrist’ en kwam tot de conclusie dat velen zich hadden ingespannen voor het behoud van Van 't Hoff voor Nederland, dat daartoe een niet onaanzienlijk bedrag bijeen was gebracht en dat Van 't Hoff zelf tot op het laatst het aanbod vanuit Nederland serieus had overwogen. Ook sprak hij het vermoeden uit dat het anders had kunnen lopen:

als van 't Hoff niets had gedaan voor er een definitief aanbod uit Berlijn was en daarna, zoo hij ondanks dat aanbod onder zekere voorwaarden te Amsterdam had willen blijven, die voorwaarden scherp geformuleerd had. Dan had men alle krachten voor een goed gedefinieerd doel kunnen inspannen.¹⁵²

Cohen bleef echter bij zijn standpunt dat de zaak was mislukt *door de houding van de minister*, die zou hebben gewild dat Van 't Hoff als gewoon hoogleraar in Amsterdam bleef, en die niet bereid was geweest om diens toelage te verhogen waardoor een lector of buitengewoon hoogleraar had kunnen worden aangenomen. Bureaucratische kortzichtigheid dus, die zoals hij in zijn biografie al had geschreven, de Nederlandse ambtenaar kenmerkte:

Zolang voor onze hoogste regeringsbeambten namen als die van Robert Mayer, Faraday, Hertz, Sadi Carnot, Dalton, Berzelius slechts namen blijven, dat wil zeggen zolang in de opvoeding/opleiding van deze beambten de natuurwetenschap een zo ondergeschikte rol speelt, zoals dat jammer genoeg vandaag de dag nog het geval is, zolang zullen ministeriële besluiten als deze ons bedreigen. Mogen de leiders van onze staat er toch van overtuigd raken dat de daden van een Colbert,¹⁵³ een Robert Peel¹⁵⁴ langer in de cultuurgeschiedenis van de mensheid zullen voortleven dan zoveel van diegenen, welke de grote massa gelooft een bijzonder betekenis te moeten toekennen.¹⁵⁵

Omdat Lorentz en Cohen het niet eens konden worden over een gezamenlijke reactie, was het Lorentz zelf die in het openbaar reageerde: de door Cohen gebezigde term ‘bureaucratische kortzichtigheid’ had hem pijnlijk getroffen

en was misplaatst. Hij gaf in het kort weer wat er allemaal voor Van 't Hoff op touw was gezet en concludeerde dat het derhalve aan 'zeer ernstige pogingen [...] geenszins had ontbroken.'¹⁵⁶

Berlijn 1895-1911

15 Berlijn en de Akademie

Als gij getuige waart geweest van de groote afwisseling, die de huisgenoten hier genieten door muziek, theater, musea, logé's, dans, fietsen, Festessen, begrafenis van den burgemeester, vlinders verzamelen in Grünewald [...] dan zoudt gij eventuele twijfel geheel opgeven. – J.H. van 't Hoff¹

Thuis in Duitsland

Het Berlijn waar het gezin Van 't Hoff terecht kwam, was aan het eind van de negentiende eeuw een in alle opzichten bruisende stad. Na de overwinning in de Frans-Duitse oorlog van 1871 was het de hoofdstad geworden van het Duitse keizerrijk onder Wilhelm I, met kanselier Bismarck aan het hoofd van de regering. Daarmee had de stad niet alleen enorm aan politiek belang gewonnen, maar was ze ook binnen enige jaren uitgegroeid tot het economische, culturele en wetenschappelijke centrum van het keizerrijk. Al in 1877 telde de stad meer dan 1 miljoen inwoners; op het moment dat de familie Van 't Hoff in Berlijn kwam wonen waren dat er al meer dan anderhalf miljoen. Net als de Van 't Hoff's vonden veel van die nieuwe inwoners een huis in de almaar uitbreidende stadsdelen in het (zuid)westen (Charlottenburg, Wilmersdorf, Friedenau). De industriële uitbreiding vond met name plaats in het oosten van de stad. Ook werd er hard gewerkt aan het verbeteren van de infrastructuur, zo werd in 1896 begonnen met de aanleg van de U-Bahn. Op het door koning Friedrich-Wilhelm IV aangewezen Museuminsel verschenen nieuwe musea als de Nationalgalerie (1866-1876), of werden bestaande uitgebreid. Naast een Hochschule für Musik (1869) kwam er ook een Philharmonisches Orchester (1882), en met het Opernhaus, het Schauspielhaus en tal van kleinere theaters groeide de stad uit tot het centrum van het Duitse culturele leven.²

Na de lange vakantie in Duitsland en Zwitserland was het gezin begin januari 1896 eerst naar Rotterdam getrokken, waar de ouders van Van 't Hoff en de meeste broers en zussen van Jenny woonden.³ De huur voor hun huis in Amsterdam hadden ze opgezegd toen ze vertrokken. De gezinsleden verdeelden zich over drie adressen, opdat met name de oudste drie kinderen voldoende leeftijdsgenootjes om zich heen zouden hebben, nadat ze in Duitsland zes maanden lang op elkaar aangewezen waren geweest.⁴ Op 21 maart vertrok het hele gezin vervolgens naar Berlijn, en na eerst een paar dagen hun intrek te hebben genomen in Hotel Hippodrom aan de Berliner Strasse, in afwachting van het huisraad uit Nederland, werd niet ver daarvandaan een woning betrokken aan de Uhlandstrasse 2. Blijkbaar waren Van 't Hoff en zijn echtgenote in de eerste maanden van 1896 al in Berlijn geweest om een

geschikte woning uit te zoeken. Het kostte weliswaar wat moeite 'de meubelwagen voorgereden en ontladen te krijgen', maar nadat Van 't Hoff er persoonlijk, met al zijn ordes opgespeld, op af was gegaan, kon de familie haar intrek nemen in het nieuwe huis.⁵ Een maand later deelde hij zijn eerste ervaringen in een brief aan Ernst Cohen:

Onze woning is uitnemend en ook de ligging gelukkig, half buiten, half stad; Grünewald kunnen wij te voet bezoeken en 's avonds terugkomen per spoor voor een kleinigheid en afstappen vlak bij huis; ik heb nu eindelijk ook tijd en rust om mij wat aan mijn gezin te wijden en dat heeft, juist in een vreemde omgeving, iets aantrekkelijks.⁶

En hoewel het afscheid van alle familie en vrienden in Rotterdam moeilijk was geweest, bevielen Charlottenburg en het grote, kosmopolitische Berlijn de familie uitstekend. De kinderen hadden inmiddels zonder problemen hun schoolwerk weer opgepakt: 'allen, behalve Goof, hebben eens gehuild omdat niet alles precies was zoals vroeger, maar kinderen gewennen spoedig als ze maar gezond zijn en, in dat opzicht, komt mij de lucht hier uitnemend voor.'⁷

Over de scholing van de twee oudste meisjes, Jenny jr. en Aleida (op dat moment vijftien en net veertien jaar oud), is weinig bekend, zoals ook over hun verdere opleiding weinig is overgeleverd. Een gymnasium was voor hen als meisjes nog niet toegankelijk (evenmin als de universiteit). Tussen 1887 en 1894 werd er in verschillende deelstaten actie gevoerd om de opleidingsmogelijkheden voor meisjes te verbeteren, maar daar werd maar uiterst langzaam op gereageerd.⁸ Veranderingen kwamen voort uit particuliere initiatieven. In 1869 was door de Schotse Georgina Archer met steun van de kroonprinses in Berlijn het Victoria Lyceum opgericht. Daar kregen meisjes les in vakken als (kunst)geschiedenis, Engelse, Franse en Duitse literatuur, botanie etc. Ook werden er lezingen gegeven in de natuurwetenschappen, al bleek het lastig om daarvoor hoogleraren te vinden, aangezien zij het beneden hun waardigheid achtten les te geven aan vrouwen.⁹ Jenny jr. vermeldt hoe zij en Aleida terecht kwamen op de privéschool voor meisjes van mevrouw Ida Klockow, 'een buitengewone vrouw', die onder andere zelf geschiedenis doceerde. 'Ik was toen vijftien en verdank haar zeer veel. Ik zag toen dat men de geschiedenis van verschillende kanten kan bekijken, en dat was eerst verwarrend, soms pijnlijk, maar tenslotte ook heel interessant.'¹⁰ In tegenstelling tot de gymnasia kenden dit soort hogere meisjesscholen geen bovenbouw, noch een afsluitend examen dat toegang bood tot de universiteit. De meisjes verlieten de school dan ook al op vijftien- of zestienjarige leeftijd. Het is sowieso een teken des tijds dat als er al in brieven van de familie over de meisjes werd gesproken, zij zich nooit bezighielden met schoolwerk, maar met een handwerkje of het drogen van bloemen.¹¹

Over jongste zoon Han valt daarentegen in dezelfde brief te lezen dat hij 'ijverig aan zijn Latijnsche schrijfwerk was gegaan'. Hij was toegelaten tot het prestigieuze Bismarck Gymnasium in Wilmersdorf, dat maar een paar straten verwijderd was van de woning van het gezin. Echt naar zijn zin had hij het daar overigens niet; juist de belasting van de klassieke talen viel hem zwaar: 'Han zegt ieder oogenblik dat hij hier [tijdens een vakantie, RvdB] helemaal opleeft, en in Berlijn versuft was van al het Grieksch.'¹² In Duitsland werden hogere eisen aan leerlingen gesteld dan in Nederland. Het was er allemaal wat strenger en serieuzer, waardoor de kinderen tot verdriet van moeder Jenny niet zoveel aan spelen toekwamen.¹³ Misschien dat daarom jongste zoon Goof aanvankelijk thuisgehouden werd. Hij maakte vaak wandelingen met zijn vader en werd ook aangestoken door diens liefde voor het verzamelen van insecten. Veelvuldig wordt in brieven vermeld hoe hij, soms met hulp van het hele gezin, op vlinderjacht ging. De meest uitzonderlijke 'kapellenvangsten' werden gedeeld met grootvader in Rotterdam, die waarschijnlijk in zijn jeugd ook insecten had verzameld. Naast lange wandelingen was het maken en ontwikkelen van foto's een vast programmaonderdeel van de vakanties, die de eerste jaren werden doorgebracht in Duitsland: in 1897 in het Reuzengebergte, een vakantie die grotendeels in het water viel door overstromingen als gevolg van overvloedige regenval,¹⁴ in 1898 in het Thüringerwald en in 1899 in de Harz, waar Van 't Hoff zelf in 1871 zijn eerste wandeltocht in Duitsland had gemaakt. Men verbleef dan vier tot zes weken in een hotel of pension. Van 't Hoff werkte daar zoveel mogelijk door. Hij liet bijvoorbeeld alle correspondentie naar zijn vakantieadres doorsturen. Probleem was wel dat hij erg veel last had van hooikoorts, die hem, met name in juli, er vaak toe dwong om tijdelijk terug te keren naar huis.

Ten minste één keer per jaar ging het hele gezin terug naar Nederland, meestal rond de kerstdagen, die ze dan bij familie in en rond Rotterdam doorbrachten. In 1899 kwam dat goed uit omdat het op 22 december precies 25 jaar geleden was dat Van 't Hoff in Utrecht was gepromoveerd. Omdat hij net vóór zijn promotie het *Voorstel* had gepubliceerd, was het dat jaar tevens het 25-jarig jubileum van de stereochemie.¹⁵ Al anderhalf jaar van tevoren had een comité onder leiding van oud-leerlingen, Cohen, Reicher, Van Deventer en Meyerhoffer, oproepen doen uitgaan om artikelen bij te dragen voor een speciale uitgave ter ere van het jubileum en in september 1899 waren er 26 bijdragen binnengekomen in vier verschillende talen: Duits, Engels, Nederlands en Frans. Afgezien van de bijdragen van Arrhenius en Ostwald, waren alle bijdragen afkomstig van studenten en voormalige dan wel huidige medewerkers. Geen van de hoogleraren scheikunde en natuurkunde in Nederland, die in mei 1895 de petitie aan de minister van Onderwijs hadden ondertekend om Van 't Hoff voor Amsterdam te behouden, leverde een bijdrage. Uit Leiden, Groningen, Utrecht en Delft bleef het stil. Zelfs vanuit Amsterdam deden Bakhuis

Roozeboom, Lobry de Bruyn en ook Van der Waals er het zwijgen toe. Nu hoeft daar ook weer niet direct al te veel aan te worden opgehangen. Een aantal van hen was 's avonds wel degelijk aanwezig op het feestelijk diner. Waarschijnlijk hebben de samenstellers er bewust voor gekozen alleen diegenen te vragen die direct met Van 't Hoff hadden samengewerkt en met hem hadden gepubliceerd.¹⁶

Eerst was het de bedoeling de bijdragen te verzamelen in boekvorm en die uit te geven bij Van 't Hoff's 'huisuitgever', Vieweg & Sohn in Braunschweig, maar uiteindelijk werd toch besloten een speciale *Jubelband* van het *Zeitschrift* te maken.¹⁷ De viering zelf vond plaats in het gebouw van het eerbiedwaardige Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte in Rotterdam, het eerste genootschap dat hem als lid had opgenomen. Daar namen de festiviteiten 's middags om drie uur een aanvang met een bijzondere ledenvergadering, voorgezeten door de praeses-magnificus van het gezelschap, de burgemeester van Rotterdam Frederik s'Jacob, een klasgenoot van Van 't Hoff bij het instituut Delfos en op de hbs en later ook zijn studiegenoot aan de Polytechnische School in Delft. Geen wonder dus dat deze in zijn openingstoespraak uitgebreid inging op de vele banden die Van 't Hoff met Rotterdam had. Hierna kwamen sprekers aan het woord die elk een periode uit het leven en werk van de jubilaris tegen het licht hielden. Natuurlijk sprak ook de speciaal uit Leipzig overgekomen Ostwald zijn vriend toe als 'enthousiaste voorvechter van de fysische chemie, aan wie deze tak van wetenschap zijn huidige bloei dankt'. Samen met Meyerhoffer bood hij de *Jubelband* aan, die zich 'niet alleen in omvang, maar ook wat inhoud betreft eervol met de niet-Jubelbanden kan meten'.¹⁸

Van 't Hoff dankte Ostwald later per brief op humoristische wijze dat 'als ik voortaan weer eens ontevreden ben, zoals dat pleegt te gebeuren als mijn theorie niet klopt, zal ik, waar ik vroeger uit frustratie mijn borstbeeld kapot-sloeg, voortaan jouw weergave van mijn verrichtingen lezen en geloven dat het tenminste ooit eens zo was'.¹⁹ Tussen de bedrijven door werd hij ook nog tot erelid benoemd van het Genootschap ter bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde en de Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië en werden de vele tientallen telegrammen voorgelezen van collega's en vrienden, niet alleen uit Nederland en Duitsland, maar uit geheel Europa, en tot aan Canada, de Verenigde Staten en Japan toe. Met name die uit de Verenigde Staten maakte grote indruk, omdat Van 't Hoff's voormalige medewerker Wilder Bancroft erin geslaagd was de handtekeningen van niet minder dan zeventig collega's van meer dan twintig Amerikaanse universiteiten onder een felicitatietelegram te verzamelen. Ter afsluiting dankte de jubilaris alle sprekers en antwoordde 'met eenvoudige, waardeerende woorden'.²⁰ De dag werd afgesloten met een diner in restaurant Van der Velde met zestig familieleden, vrienden en collega's. Voor elk van hen was er een exem-

plaar van de biografie die Ernst Cohen aan zijn leermeester had gewijd en die zowel in een Nederlandse²¹ als in een Duitse versie²² was verschenen. Daarnaast had Cohen een soort affiche gemaakt en laten reproduceren, waarop aan de hand van grappige tekeningen en gedichtjes verschillende karakteristieke gebeurtenissen uit het leven van Van 't Hoff de revue passeerden:

Van 't Hoff 1874-1899

Het schaven schenkt hem veel plezier
 Dat ziet men op dit plaatje hier.
 Er ist, man gewährt ihm die Bitte,
 Im australischen Bunde der dritte.

Aktivität Isomerie
 Verlassen ihn am Schreibtisch nie
 Da greift er kühn zur Feder
 Und zeichnet's Tetraëder.

Den Berg Olymp erklimmt er hier
 Auf diesem edlen Flügeltier.
 Herr Kolbe staunt ihm sinnend nach
 Doch bald darauf gab's grossen Krach.

In dit kleine hoekje
 Zag men hem dikwerf staan
 Kijken naar d'osmometer
 En de ingelegde membraan.

De turgor in de planten
 Die liet hem niet met vreê
 Toen vond hij de verklaring
 $PV = RT$.

Die komplizierte Formel
 Sie macht' ihm nimmer Spass
 Wenn sie, den Blick verdunkelnd
 Entfloss dem Tintenfass.

Wie hübsch ist dieser Knabenspiel
 Sie sind im 'Equilibre mobile'.
 Doch endlich schlägt die Wippe um
 Selbst ohne 'Travail maximum'.

Hoe 't zout gevormd werd in d'Oceaan
 Trok men zich tot voor kort niet aan
 Totdat Van 't Hoff opeens bedacht
 Hoe de natuur 't tot stand gebracht.

De grote afwezigheid die avond was Van 't Hoff's voormalige collega Gunning, die ernstig ziek was en volgens zijn echtgenote 'gebruik makende van een helder oogenblik' aan haar enige afscheidswaard en 'een innige groet van liefde en vriendschap' had gedictieerd.²³ Zij had daar zelf de volgende woorden aan toegevoegd: 'Ik weet hoe zeer hij U heeft liefgehad en voortdurend liefheeft. Daarom zendt hij U ook niet woorden van lof en hulde, maar liever die, getuigende van zijne onveranderde toegenegenheid. U hebt hem ook zoo ruimschoots Uw hart gegeven en Uw liefde.' Van 't Hoff heeft erg veel aan Gunning te danken gehad. Het was Gunning die hem gesteund had vanaf zijn allereerste schreden op het pad der wetenschap, als leraar aan de Rijksveeartsenijsschool, bijvoorbeeld door als redacteur van de *Archives Néerlandaises* een vertaling van zijn *Voorstel* te publiceren.²⁴ Ook was het Gunning die hem in 1877 had aanbevolen bij de curatoren van de net gestichte Universiteit van Amsterdam, en die door zelf het onderwijs aan farmaceuten op zich te nemen, 'hoewel hij niet altijd met evenveel achting over "pillen en pleisters" sprak',²⁵ ervoor gezorgd had dat er voor Van 't Hoff in Amsterdam een hoogleraarspositie in de scheikunde beschikbaar kwam. En nadat Van 't Hoff in de roerige tijden voorafgaand aan zijn vertrek naar Berlijn besloot om een halfjaar lang met zijn gezin door Duitsland te trekken en daarmee feitelijk zijn onderwijsplicht had verzaakt, had Gunning zonder enige klacht de colleges, practica en de begeleiding van de studenten overgenomen. Tekenend voor de houding van Gunning ten opzichte van Van 't Hoff is een briefje dat Gunning hem stuurde in de eerste jaren van zijn hoogleraarschap:

Hedenmiddag trof 't mij opnieuw dat gij er moede, afgewerkt uitziet. [...] Bedenk toch, dat gij U zelve, Uwen vrouw, Uwen familie, onze inrichting der wetenschap de tol brengt, door niet te rade te gaan met uwe fysieke krachten. Ook mij berokkent gij daarmee leed. [...] Zoo gaarne nam ik U iets uit handen, en gij handelt niet volkomen goed door dit niet toe te laten. Luister nu s.v.p. eens naar de stem van uw oudere collega die zoo gaarne zag dat het U in alle opzichten goed ging.²⁶

Gunning overleed op 7 januari 1900 in zijn buitenhuis Groot Zande bij Doetinchem, maar toen was Van 't Hoff alweer terug in Berlijn. Hij reageerde met een emotionele brief aan de weduwe:

Het is of een stuk van mijn eigen geschiedenis hiermee ten grave daalt, in

den vaderlijken vriend, die mij zoo humaan en hartelijk voorging en terzijde stond bij zoveel waarin ik, vooral maatschappelijk, tekortschoot. [...] Wat heeft uw man altijd veel voor mij gedaan.²⁷

Van 't Hoff had nog langs willen gaan bij zijn oude en doodzieke vriend, maar daags na het jubileumfeest was volkomen onverwacht de zus van Jenny, Francine, overleden. Dat had zo veel opschudding gewekt en zozeer de aandacht van de familie in beslag genomen dat een reis naar Doetinchem er niet meer van was gekomen. De twee hadden elkaar dus na 1896 niet meer gesproken. Opvallend is dat Van 't Hoff in zijn in memoriam voor Gunning voor de *Amsterdamsche Studenten-almanak*, nauwelijks inging op zijn persoonlijke relatie met de overledene. Het is aardig om te lezen dat hij zijn eerste scheikundige experimenten deed aan de hand van Gunnings leerboek uit 1858-1862,²⁸ maar verder is het eigenlijk een wat afstandelijk stuk, dat vooral gaat over Gunnings werk met studenten en in het laboratorium, hoe hem daarbij altijd het maatschappelijk belang voor ogen stond, over zijn verdiensten voor het opzetten van rijkslandbouwproefstations, de organisatie van de gemeentelijke gezondheidsdienst en al zijn analyses ten behoeve van gerechtelijke onderzoeken of de suikeraccijs. Daardoor had Van 't Hoff zich rustig 'aan mijn speciaalstudien [kunnen] wijden'.²⁹

Dit in memoriam is misschien wel illustratief voor de moeite die Van 't Hoff had met het publiek uiten van zijn gevoelens. Dat ingetogene en introverte maakte op sommigen een onvriendelijke, soms zelfs hoogmoedige indruk.³⁰ Dat hij zich daar zeer wel van bewust was, blijkt uit een brief die hij enkele dagen na het jubileum aan Cohen schreef: 'Het was zoo goed, dat gij mij gezegd hebt ieder apart te beantwoorden en het heeft mij zoo gespeten destijds in Amsterdam bij mijn afscheid tekort te zijn gekomen, maar van mijn spreken ben ik nooit zeker en ik moet de woorden altijd uit de diepte ophalen en er komt altijd minder dan ik meen'.³¹ Nu was de periode voorafgaand aan zijn vertrek naar Berlijn, waar hij hier aan refereert, natuurlijk erg intens geweest, met name door de vele negatieve reacties die er op zijn mogelijke vertrek waren geuit vanuit kringen van collega's, de universiteit en de gemeente. Hoezeer hij daarmee geworsteld had, blijkt ook uit een latere brief aan Cohen, maar dit keer van Jenny, naar aanleiding van de opening van het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht in 1904. Zij schreef dat haar echtgenoot na het jubileum in 1899 voor het eerst het gevoel had gehad 'dat men hem nu niet meer met wantrouwen beschouwde in Nederland', een gevoel dat zich door de festiviteiten in 1904 had bestendigd.³² Terug in Berlijn duurde het nog tot eind februari voordat Van 't Hoff aan Cohen liet weten dat hij iedereen persoonlijk per brief had bedankt. Het lastigst vond hij het een reactie te geven op een telegram van de ambtenaren van het telegraafkantoor in Amsterdam, die 'den wereldberoemden Nederlander, stichter der stereochemie op

deze dag een warme hulde boden.³³ Hij riep er de hulp van Cohen voor in, maar helaas is onbekend wat hij de beampten heeft geantwoord.

De Pruisische Akademie

Net als de Koninklijke Akademie van Wetenschappen in Nederland was de Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften in Berlijn de belangrijkste wetenschappelijke organisatie van het land. Ze was opgericht in 1700 door Gottfried Wilhelm Leibniz naar voorbeeld van de Royal Society in Londen en de Académie des Sciences in Parijs.³⁴ Nadat de Akademie in het begin van de negentiende eeuw haar wetenschappelijke instellingen aan de in 1810 opgerichte Friedrich-Wilhelms-Universität was kwijtgeraakt,³⁵ fungeerde het in de tijd van Van 't Hoff onder het machtige Kultusministerium. Ze bestond uit twee klassen, de fysisch-mathematische en de filosofisch-historische, met elk 25 gewone leden (*Ordentliche Mitglieder*).³⁶ De vergaderingen vonden al sinds 1700 wekelijks plaats op donderdag, soms in afzonderlijke klassen, soms plenair.³⁷ Driemaal per jaar waren er speciale sessies gewijd aan Frederik de Grote (rond diens verjaardag op 24 januari), aan Leibniz, de eerste president van de Akademie (op de eerste donderdag in juli), en op de verjaardag van de zittende keizer. Elk lid werd geacht tenminste eenmaal per jaar een lezing te houden over een afgerond stuk onderzoek. Die werd dan gepubliceerd in de *Abhandlungen*. Daarnaast waren er speciale commissievergaderingen waarin over belangrijke kwesties die de staat aangingen een advies werd voorbereid en uitgebracht, bijvoorbeeld over de bescherming van staatsgebouwen tegen blikseminslagen. Ook zorgde de Akademie voor de uitgave



Laatste Friedrichs-zitting van de Pruisische Akademie van Wetenschappen op 29 januari 1903 in het oude gebouw Unter den Linden. Van 't Hoff staat vijfde van links op de achterste rij onder het borstbeeld. Het schilderij, dat in de Tweede Wereldoorlog verloren ging, is van de hand van William Pape.

van wetenschappelijke werken, zoals sterrenkaarten, het verzameld werk van beroemde wetenschappers of een verzameling Latijnse inscripties (het *Corpus Inscriptionum Latinarum*), een activiteit die tot op de dag van vandaag doorgaat. Nieuwe leden werden op voordracht gekozen en kregen voor hun bijdragen en aanwezigheid tijdens vergaderingen een tegemoetkoming van 900 mark per jaar. Maar aangezien de Akademie niet beschikte over eigen onderzoeksruimtes noch over medewerkers, bleef men met name op het gebied van de natuurwetenschappen afhankelijk van wat er op universiteiten en hogescholen gedaan werd.

Van 't Hoff was op 26 februari 1896 formeel door de keizer benoemd;³⁸ een uitzonderlijke gebeurtenis want hij was het eerste buitenlandse lid sinds meer dan een eeuw.³⁹ De inauguratie van nieuwe leden vond samen met het gedenken van overleden collega's elk jaar plaats tijdens een openbare zitting op de Leibniz-dag. Voor Van 't Hoff viel die dag op 2 juli 1896. Het zal voor niemand een verrassing zijn geweest dat hij in zijn *Antrittsrede* 'de vereniging van chemie en wiskunde' tot zijn hoofddoel benoemde, en dat hij zich specifiek wilde wijden aan dat deel van de fysische chemie dat zich met omzettingsverschijnselen en de vorming van dubbelzouten bezighield, waarbij toepassing op de Stassfurter zoutindustrie en geologie hem bijzonder aantrok.⁴⁰ Zijn medeleden moesten alleen niet denken dat het hem in eerste aanleg om industriële toepassingen ging – hij wist maar al te goed 'hoe met name de Duitse wetenschap van de overtuiging doordrongen is dat de zorg voor het weten om het weten zelf ten slotte de hoogste doelen van het menselijk streven het meeste bevordert'.⁴¹ Inderdaad had de Akademie zich van oudsher vrij onverschillig, soms zelfs vijandig opgesteld ten aanzien van toegepaste wetenschap en technologie. Hierin was pas in het laatste kwart van de negentiende eeuw enige verandering gekomen, toen bijvoorbeeld de industrieel en uitvinder Werner Siemens tot lid werd gekozen.⁴² Van 't Hoff's verkiezing en rede bleven niet onopgemerkt. Een paar dagen later beschreef de Berlijnse *Neue Freie Presse* het nieuwste lid van de Akademie aldus:

Op een kort, maar slank en bewegeijk lichaam staat een uitgesproken karakterkop, die je niet licht vergeet. Een smal, baardloos gezicht met een frisse gelaatskleur, twee slimme, levendige ogen, met krachtige wenkbrauwen boven een lange, licht gekromde neus; daaronder een welgevormde mond met smalle lippen, de onderlip in het midden licht neerhangend, een dichte, volle, fier overeind staande haardos, het hele gezicht als dat van een denker uit de vorige eeuw, in de verte herinnerend aan Diderot.⁴³

Daarnaast verschenen er twee uiterst lovende artikelen over zijn leven en werk tot dan toe in het tijdschrift *Die Zukunft*,⁴⁴ die, volgens zijn vader althans,

samen met het stuk uit de *Neue Freie Presse* een goed geheel vormden en 'hem zeer welkom moeten zijn geweest'.⁴⁵

Van 't Hoff zou trouw de wekelijkse bijeenkomsten van de Akademie bijwonen, veel vaker dan hij de vergaderingen van de Nederlandse Akademie met zijn aanwezigheid had vereerd. Mede op zijn voordacht werden buitenlandse wetenschappers als Dimitri Mendeleev, Theodore Richards, Josiah Willard Gibbs en Julius Thomsen tot corresponderend lid gekozen, net als zijn oude strijdmakker Ostwald, en werd Walther Nernst gekozen tot gewoon lid.⁴⁶ Ook hield hij op 30 juni 1910 de *Gedächtnisrede* voor zijn overleden vriend Hans Landolt.⁴⁷ Daarnaast vertegenwoordigde hij de Akademie bij een aantal belangrijke buitenlandse gelegenheden. Zo hield de Royal Society van 14-17 juli 1896 een conferentie in Londen over de mogelijkheden om een International Catalogue of Scientific Literature (ICSL) tot stand te brengen. Het was de bedoeling om alle wetenschappelijke literatuur op verschillende deelgebieden van de natuurwetenschappen, zowel boeken als artikelen, te verzamelen, geïndexeerd op naam van de auteur en op onderwerp. Als iemand die het belang van kennis van de scheikundige literatuur inzag, zal Van 't Hoff hier zeker affiniteit mee hebben gehad. Ook andere landen hadden wetenschappers van naam afgevaardigd, zoals de Oostenrijkse natuurkundige Ernst Mach en de Amerikaanse astronoom Simon Newcomb. Nederland werd vertegenwoordigd door Van 't Hoff's voormalige Amsterdamse collega Korteweg.⁴⁸

De Royal Society was al in 1857 met een *Catalogue of Scientific Papers* begonnen. Daarmee werd Engels ook de voertaal van de ICSL, terwijl op dat moment toch het Duits nog de lingua franca was van de wetenschap. Tijdens de conferentie werd uitgebreid gediscussieerd over de manier van werken (ieder land zou de informatie over zijn eigen literatuur aanleveren), de ideale classificatie, de financiering etc. en werd aan het eind van de conferentie een lijst van 33, bewust vrij vaag gehouden, resoluties aangenomen. Wat Van 't Hoff hiervan vond, of wat hij heeft gerapporteerd aan zijn collega's in Berlijn, is onbekend.⁴⁹ Er kwam veel kritiek, met name op het onpraktische karakter van de hele onderneming: 'Als het plan daadwerkelijk zou worden uitgevoerd, van welke droeve uitkomst het lot de wetenschap moge besparen, dan zal het hele schema zonder enige twijfel binnen zeer korte tijd weer moeten worden gewijzigd'.⁵⁰ Een ander punt van kritiek was dat dit nooit een up-to-date naslagwerk kon worden, vanwege de vertraging in het productieproces. Desondanks ging het project op 1 januari 1901 van start en zijn de publicaties nog tot 1914 verschenen, waarna het als gevolg van de spanningen op het wereldtoneel en ook om financiële redenen werd gestopt. Na de Eerste Wereldoorlog bleek de animo om verder te gaan volkomen verdwenen: 'er [bestond] niet de minste behoefte aan deze catalogus bij het gros van diegenen voor wie de ICSL juist bedoeld was'.⁵¹ Uiteindelijk werd in september 1920 een punt achter de hele onderneming gezet.

Verder nam Van 't Hoff deel aan bijeenkomsten van meer ceremoniële aard, zoals een symposium van de Zweedse Akademie van Wetenschappen in Stockholm ter herinnering aan de vijftigste sterfdag van de grote Zweedse scheikundige Berzelius. Samen met Jenny woonde hij begin oktober 1898 de feestelijkheden en het symposium bij. Helemaal gerust was hij niet over zijn deelname, zo bekende hij aan Cohen, omdat 'ik [...] bij de *Berzeliusfeier* waarschijnlijk ook iets [zal] moeten zeggen en van Berzelius bitter weinig [weet]'.⁵² Met hulp van twee boekjes over Berzelius die Cohen hem toestuurde kwam alles toch in orde: 'zelden heb ik zoo'n gemakkelijke gezelligheid gevonden als in Zweden.'⁵³ In april 1901 vertegenwoordigde hij de Pruisische Akademie bij de tweede bijeenkomst van de Association Internationale des Académies in Parijs. Erg veel plezier had hij niet aan dit soort formele bijeenkomsten met hoogwaardigheidsbekleders, aan recepties en ontvangsten. Hij had een afkeer van hoogdravendheid en protocol. Tijdens het diner ter ere van het tweehonderdjarig bestaan van de Akademie in Berlijn op 20 maart 1900 zat hij naast Dimitri Mendeleev, die die periode toevallig in Berlijn was en ook was uitgenodigd. Na de soep wilde Mendeleev al een sigaret opsteken, hetgeen hem door zijn tafelgenoten als ongepast werd ontraden. Toen hij na de volgende gang opnieuw behoefte had aan een sigaret, antwoordde Van 't Hoff dat hij nu ook wilde roken, hoewel hij dat anders nooit deed, waarna ze er samen een-tje opstaken, ongetwijfeld tot stille verontwaardiging van de disgenoten.⁵⁴

De strijd om de instituten

De eerste jaren was Van 't Hoff tevreden over de voortgang van het onderzoek en de steun die hij via de Akademie van het Ministerie ontving. Maar nadat de subsidie die hij jaarlijks voor zijn laboratorium ontving (2400 mark) vijf jaar lang hetzelfde was gebleven, en hij een assistent elk jaar uit eigen zak had betaald, vroeg hij in augustus 1901 voor het komend jaar om een verhoging van 25 procent. Hij kreeg daarbij hulp van Althoff, die een door Emil Fischer geschreven onderbouwing van het belang van Van 't Hoff's werk en diens vooraanstaande positie binnen de scheikunde namens 'zijn' minister voor Cultuur voorlegde aan het ministerie van Financiën:

Daarom schijnt het vanwege het belang voor het onderwijs en de wetenschap gerechtvaardigd, voor het fysisch-chemische laboratorium van Van 't Hoff een doorlopende subsidie van 3000 mark per jaar door overname op de Rijksbegroting ter beschikking te stellen.⁵⁵

Dit verzoek tot verhoging werd echter zonder ook maar de geringste verantwoording 'abgelehnt', net als elke volgende aanvraag die Althoff en zijn opvolger, telkens met redenen omkleed in de jaren daarna (tot aan 1911!) met ijzeren regelmaat indienden.⁵⁶ Dat dit zelfs met steun van Fischer niet lukte

is tekenend. Hij was in die jaren uitgegroeid tot de onbetwiste leider van de Duitse chemie. Als *Organiker* was hij daarvoor in de wieg gelegd, want nog altijd voerde in Duitsland de organische chemie de boventoon. Tegen het eind van de negentiende eeuw werd echter duidelijk dat de scheikunde zich snel aan het evolueren was tot een 'nieuwe chemie', die ook de fysische chemie en de biochemie omvatte.⁵⁷ Om daar volop in mee te kunnen gaan zag Fischer in dat hij een nieuw laboratorium nodig had. Nadat hij in 1892 was benoemd in Berlijn was hem dat al toegezegd door Althoff, maar van meer dan een verbouwing van het al bijna honderd jaar oude laboratorium dat hij van zijn voorganger Wilhelm von Hofmann had overgenomen, was het niet gekomen.



Emil Fischer (1852-1919), Duits chemicus en goede vriend van Van 't Hoff die een belangrijke rol speelde in de discussies rond zijn benoeming in Berlijn.

Om zijn zin te krijgen speelde Fischer het spel slim. Met financiële steun van de industrie (Hoechst, Bayer), iets waar met name de 'andere', filosofisch-historische klasse van de Akademie niets van moest hebben, en schermend met een aanbod uit Bonn slaagde hij er in 1896 in het ministerie zover te krijgen dat er in totaal meer dan 1,5 miljoen mark beschikbaar kwam voor de nieuwbouw van een laboratorium, dat bij de opening in 1900 het grootste en modernste ter wereld was.⁵⁸ Ook Van 't Hoff had hiervan kunnen profiteren. Fischer had zich namelijk voorgenomen een speciale afdeling voor fysische chemie in te richten, 'ware het niet dat de heren Van 't Hoff en Landolt zich daartegen uitgesproken hadden op grond van het feit dat de fysische chemie bij hen in goede handen was'.⁵⁹ In de daaropvolgende jaren begon het gebrek aan de juiste onderzoeksapparatuur Van 't Hoff steeds meer parten te spelen, helemaal toen het werk aan de zouten ten einde liep en hij op andere terrei-

nen onderzoek wilde gaan doen, bijvoorbeeld naar het nog maar net door Madame Curie ontdekte radium of de werking van enzymen in planten.⁶⁰ Aanvankelijk probeerde Fischer hem hierin tegemoet te komen. Hij stelde voor een aantal nieuwe onderzoeksinstituten op te richten, 'freie akademische Stellen', dat wil zeggen, niet verbonden aan een universiteit, en dus zonder onderwijsverplichting, maar onder de vlag van de Akademie, ongeveer analoog aan de positie die Van 't Hoff zelf sinds 1896 had ingenomen.⁶¹

Nu had het ministerie onder Althoff op dit vlak niet helemaal stilgezeten. In 1896 was het nieuwe laboratorium voor fysische chemie en elektrochemie van Walther Nernst in Göttingen geopend, ook weer met financiële steun van Bayer,⁶² en in 1903 zou, opnieuw in Göttingen, een soortgelijk laboratorium voor anorganische chemie het licht zien, dat onder leiding kwam te staan van Gustav Tammann.⁶³ Dat had er alles mee te maken dat met name in industriële kringen meer en meer werd gevoeld dat de opleiding van jonge chemici te eenzijdig was, omdat de anorganische en de analytische chemie erin verwaarloosd werden. Ook Van 't Hoff had zich in 1898 duidelijk over deze kwestie uitgesproken tijdens de zeventigste Naturforscherversammlung in Düsseldorf.⁶⁴ In een rede die nogal wat stof had doen opwaaien, had hij gewezen op de vele mogelijke toepassingen die de fysische chemie en de elektrochemie boden op het gebied van de anorganische chemie en tegelijkertijd had hij moeten vaststellen dat het in Duitsland ontbrak aan jonge, veelbelovende anorganisch chemici om daar gevolg aan te geven. Zij waren hard nodig, omdat 'Duitsland op het gebied van de anorganische chemie door andere landen overvleugeld dreigt te worden.'⁶⁵ Van 't Hoff's rede kwam op het juiste moment, omdat net vier maanden eerder Richard Lorenz – een Oostenrijks hoogleraar in de elektrochemie aan de Eidgenössische Polytechnische Schule (de tegenwoordige ETH) in Zürich – ook al een vertrouwelijk memorandum had gestuurd aan Althoff waarin hij zich beklagde over 'de alleenheerschappij van de organische chemie.'⁶⁶ Toen ook Wilhelm Hittorf een klein jaar later dezelfde boodschap nog eens uitdroeg, was het Althoff duidelijk dat er iets moest gebeuren en werd er met hulp van de Göttinger Vereinigung für angewandte Physik und Mathematik, een samenwerkingsverband van universiteit en industrie waarin de directeur van Bayer, Henry Böttinger een grote rol speelde, geld vrijgemaakt ten behoeve van Tammann's nieuwe laboratorium.

Ook Fischer zag dat de vooraanstaande positie van Duitsland op andere gebieden dan de organische chemie onder druk stond en dat dit de positie van de Duitse chemische industrie op termijn zou kunnen schaden. Dat was voor hem een reden temeer om de onderzoekscapaciteit in Berlijn uit te willen breiden.⁶⁷ En het moet gezegd: het ministerie probeerde wel steeds om voor een dubbeltje op de eerste rang te zitten. Zo besteedde Nernst een deel van het fortuin dat hij had verkregen met de verkoop van het patent op zijn Nernst-lamp aan AEG (voor een bedrag van 1 miljoen mark) aan een uitbouw

van zijn laboratorium in Göttingen. Het ministerie weigerde echter ook maar iets bij te dragen aan de daarvoor noodzakelijke verhoging van het jaarbudget en daarom zag Nernst zich genoodzaakt opnieuw zijn eigen vermogen aan te spreken.⁶⁸ Zoals we later zullen zien probeerde Althoff eind 1904 nog wel om Arrhenius naar Berlijn te krijgen, maar die wees dat aanbod af en gebruikte het om tot directeur te worden gekozen van het Nobelinstituut in Stockholm. Zo nam de druk op Althoff toe, helemaal nadat Nernst datzelfde jaar was benoemd aan de Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlijn als opvolger van Hans Landolt, die met emeritaat was gegaan. Van 't Hoff was aanvankelijk als meest geschikte opvolger door de benoemingscommissie benaderd, maar hij had zoals vele malen daarvoor het aanbod afgewezen.⁶⁹ Samen met Nernst én met Wilhelm Ostwald, die in Leipzig zijn ontslag had aangeboden en ook wel oren had naar een pure onderzoekspositie in Berlijn, begon Fischer vanaf september 1905 een langdurige strijd voor een Chemische Reichsanstalt, in navolging van de succesvolle Physikalisch-Technische Reichsanstalt, die in 1887 was opgericht met Von Helmholtz als eerste directeur.⁷⁰

Het ministerie, in de persoon van *Direktor* Friedrich Althoff, zag niets in zo'n Reichsanstalt en wilde eerder een soort 'Duits Oxford' creëren door de bouw van een aantal afzonderlijke aan de Akademie verbonden instituten, waarvoor de keizer al een flink stuk grond in Dahlem, ten zuidwesten van Berlijn ter beschikking had gesteld. Fischer betoogde dat een Reichsanstalt speciaal voor de chemie betere mogelijkheden zou bieden voor aansluiting bij (en financiering door) de industrie. Hij waarschuwde dat de door Althoff beoogde instituten 'onttrokken aan de stimulerende invloed van de toegepaste chemie zouden verstarren in grauwe theorie' en niet meer aan de geest van de tijd aangepast zouden zijn.⁷¹ Toen de Akademie werd gevraagd voorstellen in te leveren voor die toekomstige instituten zag ook Van 't Hoff zijn kans schoon.⁷² Hij diende een voorstel in om naar het voorbeeld van het Nobelinstituut dat voor Arrhenius in Stockholm werd gebouwd, een instituut voor chemie, natuurkunde en fysische chemie op te richten 'voor vrij wetenschappelijk onderzoek'. Hiervoor zou zo'n vijf hectare nodig zijn, niet toevallig precies de hoeveelheid land die Arrhenius tot zijn beschikking had.⁷³ Verder wees hij erop dat hij voornemens was onderzoek te gaan doen aan chemische processen in planten en dat hij daarvoor ook een terrein nodig had om die te kweken.

Hij richtte zijn voorstel aan Hermann Diels, omdat deze deel uitmaakte van een commissie van zeven die hiertoe binnen de Akademie was ingesteld. Diels was echter ook *Rektor* van de universiteit. Deze dubbele functie was er de oorzaak van dat de documenten niet correct werden gearchiveerd en zo verloren raakten om pas eind februari 1907 weer boven water te komen. Gelukkig was dat nog net op tijd om als een van drie mogelijke alternatieven aan het ministerie te worden voorgelegd.⁷⁴ Maar er zou niets van Van 't Hoff's plan-

nen terechtkomen. Dat lag niet aan gebrek aan financiële ondersteuning. Een joodse bankier en investeerder, Leopold Koppel, die de exacte wetenschappen een warm hart toedroeg, had bijvoorbeeld al 1 miljoen mark in het vooruitzicht gesteld ten behoeve van een instituut voor fysisch-chemisch onderzoek en ook bedrijven als Bayer, BASF en Agfa waren bereid te investeren.⁷⁵ Ondanks een schijnbare overvloed aan financiële ondersteuning ontwikkelde zich een bijna drie jaar durende loopgravenoorlog, deels omdat Koppel eiste dat ook de staat een aandeel nam in de jaarlijkse operationele kosten en deels doordat de filosofisch-historische klasse van de Akademie zich sterk keerde tegen iedere invloed van de industrie op het werk van de Akademie.⁷⁶ De geesteswetenschappers waren echter eerst en vooral verontwaardigd dat de toch al rijke chemici als eersten een aantal door de industrie gesubsidieerde, dure instituten kregen, terwijl zij juist meer dan ooit om geld verlegen zaten.⁷⁷ De impasse werd pas doorbroken toen in november 1909 een prominent lid van de filosofisch-historische klasse, de hoogleraar theologie Adolf Harnack, in een beroemd geworden memorandum aan de keizer pleitte voor de oprichting van een Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG).⁷⁸ Die werd vervolgens groots aangekondigd door de keizer zelf op de honderdste verjaardag van de Friedrich-Wilhelms-Universität in oktober 1910. Hij deed ook een beroep op vermogende partijen om deze KWG te ondersteunen. Dat leverde zo'n 10 miljoen mark op.

Het Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie zou vanaf 1912 in Dahlem verrijzen en kwam onder leiding te staan van Fritz Haber. Van 't Hoff zou de opening niet meer meemaken, al had hij nog wel een belangrijke rol gespeeld als bemiddelaar, toen op 17 september 1910 de onderhandelingen over het nieuwe instituut tussen Haber en het ministerie op het laatste moment nog leken te mislukken.⁷⁹ In zijn dagboek tekende hij die dag aan tot één uur 's nachts op het ministerie te zijn geweest.⁸⁰ Drie weken later werd hem door de minister de Große Goldene Medaille für Wissenschaft toegekend.⁸¹ Ook hij legde direct een verband met de bemiddelende rol die hij had gespeeld: 'Zeer verrast door de groote gouden medaille voor wetenschappen, hangt wellicht samen met uitlatingen in het ministerie 17/9 10.'⁸² Ook werd hij nog benoemd tot Senator van de KWG voor de duur van vijf jaren.⁸³ Maar voor zijn eigen onderzoek zou hij van dat alles geen enkel voordeel hebben. Zijn aanvragen voor extra geld voor een assistent werden steevast afgewezen en hij diende niet alleen het terrein in Dahlem voor een weliswaar klein bedrag zelf te huren, maar moest de kosten voor de bouw van een eenvoudig laboratorium zelf opbrengen. Dat zullen we later zien.

16

Dementia salis

Hier heb ik de laatste hand gelegd aan mijn nieuwe editie van de Atomlagerungen, en breng ik net in het tweede deel het allerlaatste over de zouten samen, een activiteit die mijn jongste zoon niet geheel onjuist als ‘dementia salis’ aanduidt. – J.H. van 't Hoff¹

Een nieuwe start

Nadat hij zich met zijn gezin had geïnstalleerd in zijn woning in Berlijn, was Van 't Hoff in de lente van 1896 op zoek gegaan naar een tweede huis, dat als laboratorium moest gaan dienen. Ministerialdirektor Friedrich Althoff had nog wel even geprobeerd om geld te besparen door Van 't Hoff ‘kosteloos’ een laboratorium aan te bieden in het Hygiene Institut van de Friedrich-Wilhelms-Universität, maar dat had Van 't Hoff afgewezen. Hij wilde per se in de buurt van zijn eigen woning een aantal kamers inrichten.² Die vond hij al snel een eindje verderop in de straat. Het huis was vrij landelijk gelegen aan het einde van de Uhlandstrasse (nummer 39, op de hoek met de Lietzenburgerstrasse), precies op de zogenaamde Drei-Gemeinden-Ecke, de plaats waar drie ‘gemeentes’, Berlijn, Charlottenburg en Wilmersdorf samenkomen. Het beschikte over een tuin en een groot grasveld, dat later door de medewerkers als tennisbaan zou worden gebruikt. Wat hij daar wilde gaan doen, wist hij nog niet: ‘Mijn eerste gedachte was, dat God nu wel eens wat helpen kon, ik zelf was toch met “Kind und Kegel” van het eene vaderland getrokken naar het andere; de afwachting daarvan bood een uitnemende gelegenheid om de bekoringen der nieuwe omgeving te leren kennen.’³ Veel tijd voor het verkennen van de omgeving kreeg hij echter niet.

In principe stonden hem drie mogelijke onderzoekslijnen voor ogen. Alle drie bouwden ze voort op onderzoek dat hij in Amsterdam was begonnen. Allereerst was daar wat hij het *oxidatieprobleem* noemde, de samenhang tussen de zuurstofdruk en de snelheid van een oxidatiereactie. Dat besloot hij te laten rusten, omdat daarvoor nogal verfijnde metingen – en daarvoor geschikte apparatuur – nodig waren, die hij in zijn nog in te richten ‘huislaboratorium’ niet goed dacht te kunnen doen. Een tweede mogelijke onderzoeksrichting was het probleem van de splitsing van zogeheten *racematen*, dubbelkristallen van optisch actieve verbindingen. In 1895 was dat het laatste onderzoek geweest waar hij zich in Amsterdam mee had beziggehouden en hij beschouwde dit onderwerp dan ook zo goed als opgelost.⁴ Het bood derhalve onvoldoende basis voor een onderzoeksprogramma dat langere tijd in beslag zou nemen, al zou hij het later (in de periode 1897-1899) met een aantal medewerkers in Berlijn toch weer even oppakken.⁵ Ook een derde onderzoeks-

richting, de vorming van dubbelzouten, zou een voortzetting betekenen van werk dat hij al in Amsterdam – met Van Deventer – was begonnen. Dat kwam eerder in aanmerking om mee verder te gaan, al realiseerde hij zich terdege dat ‘het probleem van de vorming van dubbelzouten bij toepassing op de *natuurlijke* vorming van zoutlagen tot een omvangrijke klus zou leiden.’⁶ Zo eenvoudig was de keuze dus niet, al zou het toeval een handje helpen.

Eind maart 1896 stond namelijk ‘als uit de lucht gevallen’ een oude kennis, Wilhelm Meyerhoffer, in Berlijn voor zijn neus. Die was in 1888 als student van Ostwald uit Leipzig naar Amsterdam gekomen en had in het laboratorium van Van ’t Hoff onderzoek gedaan naar dubbelzouten van koperchloride en kaliumchloride.⁷ Omdat een promotie in Amsterdam niet mogelijk was, vanwege de specifieke eisen die het Nederlandse universitaire systeem stelde, was hij in Leipzig gepromoveerd en in 1891 als privatdocent in Wenen gaan werken aan zijn *Habilitation*. Daar had hij ook een Duitse bewerking gemaakt van Van ’t Hoffs boek over stereochemie, *Dix années dans l’histoire d’une théorie*, dat in 1892 was verschenen.⁸ De contacten waren weer aangehaald in de zomer van 1895, toen Meyerhoffer Van ’t Hoff geluk had gewenst met diens benoeming tot lid van de orde Pour le Mérite. Toevallig was juist in die tijd Van ’t Hoffs aandacht gevallen op een artikel van Meyerhoffer over de vorming van zoutkristallen. Deze had daarin verwezen naar de enorme zoutafzettingen zoals die bijvoorbeeld in Stassfurt in midden-Duitsland en Wieliczka, in de buurt van Krakow, waren gevonden en op industriële schaal werden geëxploiteerd.⁹ In zijn artikel schreef Meyerhoffer dat voor een gedetailleerde verklaring van het ontstaan van die zoutlagen systematisch onderzoek nodig was naar de oplosbaarheid en evenwichtsverhoudingen van zouten in oplossing, en Van ’t Hoff had hem per brief aangemoedigd dat werk op te pakken. Hij zou daarmee voort kunnen bouwen op het werk dat hij zelf in Amsterdam had gedaan.¹⁰

Meyerhoffer had de aansporing van Van ’t Hoff ter harte genomen, alleen niet op de manier die Van ’t Hoff voor ogen had gestaan. Hij was naar Berlijn gekomen en stelde daar aan Van ’t Hoff voor om *samen* aan dit onderwerp te gaan werken. Verder ‘verklaarde [hij] zich bereid een laboratoriumsdiensdienst te organiseren en bracht aldaar een volledige laboratorium-inrichting, assistentie inclusief naar Berlijn-Wilmersdorf over’.¹¹ Daarmee lag Van ’t Hoffs keuze vast. Hij besloot het onderzoek voort te zetten waar hij eind jaren tachtig samen met Van Deventer aan was begonnen. Toen hadden ze onderzoek gedaan aan het overgangspunt bij de vorming van het dubbelzout *astrakaniet* ($\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), werk dat later was voortgezet door een van zijn promovendi, Jochum van der Heide¹² en nog weer later door een Duitse chemicus, die enige tijd in het laboratorium in Amsterdam had gewerkt, Richard Löwenherz.¹³ In 1889 had ook de Leidse hoogleraar Van Bemmelen, net als Meyerhoffer later, gewezen op het belang van dit soort onderzoeken:

Zoo komt het mij voor dat de weg is aangegeven om op te sporen en te verklaren, hoe in de natuur de mineralen chemisch gevormd en uit de moederstoffen zijn afgescheiden, en hoe de grondstoffen en hare verbindingen aan de oppervlakte der aarde hier opgehoopt, ginds verspreid worden. [...] Verplaats u in de bekende mijnen van Stassfurt.¹⁴

Dit laatste aspect, de mogelijkheid van industriële toepassingen, had Van 't Hoff altijd zeer aangesproken. Eind 1890 verzuchtte hij al tegenover Arrhenius: 'Het is alleen zo jammer dat waar de chemisch-chemici altijd nog in de industrie een mooi werkterrein vinden met goud in de grond, de fysisch-chemici altijd wat verder weg staan, vooral diegenen die uitsluitend de grootste verdunning zoeken, omdat er nu eenmaal met sterk verdunde oplossingen weinig te doen valt.'¹⁵ Eenmaal in Berlijn voelde hij blijkbaar de vrijheid om onderzoek te gaan doen dat wellicht ook tot praktische toepassingen kon gaan leiden: 'Misschien komt het nog eens tot een erg aardige samenwerking tussen zuiver wetenschappelijke onderzoeken en grote ondernemingen,' zo schreef hij Arrhenius hoopvol.¹⁶ Een paar maanden eerder had hij tijdens de Naturforscherversammlung, de jaarlijkse bijeenkomst van de Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte de daad bij het woord gevoegd:

Wat ik vooral van mijn bezoek te Frankfurt als resultaat heb meegebracht is de wijze waarop industrie en zuivere wetenschap samenwerken; ook ik begon reeds kleine liaisons in die richting aan te knopen, waaruit wellicht iets voortkomt.¹⁷

Maar welk onderwerp hij ook koos, het allerbelangrijkste was dat hij zich helemaal kon wijden aan wetenschappelijk onderzoek: 'Godzijdank heb ik hier geen last meer van die eeuwige gang naar het instituut met zijn niet aflatende stroom kleine en grote onaangenaamheden.'¹⁸ Waar die uit bestonden wordt duidelijk uit een latere brief aan Ostwald:

Ik wilde in het instituut alles altijd zelf nagaan en ben daarnaast erg gevoelig voor viezigheid en stank, terwijl ik me anderzijds in een zaal vol praktikanten niet erg op mijn gemak voelde en daardoor ook voor het geven van speciale aanwijzingen minder geschikt was.¹⁹

Om te concluderen: 'Ik mis het instituut niet en verlang er ook niet naar terug.' En in een interview een jaar na zijn vertrek zei hij: 'Zoo lief als mij Amsterdam is om het artistieke schoon en den kring van vrienden, toch moet ik wat de wetenschap aangaat de millioenenstad der intelligentie, het Spree-Athene den palm toekennen.'²⁰ Geen wonder dus dat hij in juli 1899 een verzoek om de leerstoel chemie in Wenen van de net overleden Hugo

Weidel over te nemen, en daarmee ook directeur te worden van het scheikundig laboratorium aldaar, onmiddellijk had afgewezen.²¹ Zelfs de lokroep van zijn geliefde Utrechtse universiteit in 1902 kon hem niet vermurwen zijn positie te verlaten. Telkens gaf hij de voorkeur aan zijn huidige positie als Akademiehoogleeraar in Berlijn en dat deed hij altijd op basis van hetzelfde argument, dat hij simpelweg de verantwoordelijkheid voor een grote groep studenten en medewerkers en het geven van vele uren college per week een te zware verplichting vond. In Berlijn wilde hij dan ook uitsluitend samenwerken met ervaren praktikanten. Hij had verder nauwelijks onderwijsverplichtingen en daardoor tijd genoeg om conferenties te bezoeken, iets waar hij enorm van genoot.

De eerste periode in Berlijn verschaftte hem ook direct gelegenheid tot het schrijven van nieuwe boeken. Zo legde hij de laatste hand aan een collegedictaat over zijn eerdere onderzoek aan dubbelzouten, waar hij al tijdens zijn lange wandelvakantie in Duitsland in de tweede helft van 1895 aan was begonnen.²² Of zoals oudste dochter Jenny dat uitdrukte: 'Papa schreef hier in Weesen zijn dubbelzoutjes af.'²³ Zijn huisuitgever Vieweg betaalde hem er de 'niet onbeduidende som' van 1000 mark voor, waarvoor Jenny een vleugel aanschafte. Toen de huisbaas echter zag dat die werd afgeleverd, moest hij volgens Van 't Hoff hebben gedacht: 'Den Vanthoffs geht's gut', waarna hij de jaarlijkse huur met 400 mark verhoogde.²⁴ Ook had hij inmiddels zijn eerste colleges gegeven,²⁵ wat ook weer tot tastbare resultaten zou leiden. In 1898 verscheen het eerste deel van zijn *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie*, opnieuw bij Vieweg, gevolgd door nóg twee delen in de daaropvolgende jaren.²⁶ Volgens Cohen waren ze niet eenvoudig en vroegen ze veel van de aandacht van de lezer, waarbij ook de beknopte stijl van Van 't Hoff niet echt hielp.²⁷ Desondanks werden ze erg goed ontvangen en vertaald in het Engels, Frans en Russisch.²⁸ Ook volgde al in 1901 en 1903 een tweede druk.

De Stassfurter kali-industrie

Wat waren nu die zoutafzettingen waar Van 't Hoff meer dan tien jaar lang onderzoek aan zou gaan doen? Al sinds de Middeleeuwen werd bij de plaats Stassfurt in midden-Duitsland, ten zuiden van Maagdenburg, zout gewonnen door water afkomstig uit zoute bronnen te laten verdampen. Toen men er rond 1840 boringen begon uit te voeren, stuitte men op dikke lagen *steenzout*, dat we het beste kennen als keukenzout. Het was daar echter niet in zuivere vorm aanwezig, maar gemengd met andere zouten. Nadat besloten was het steenzout te gaan winnen, kon in 1852 de eerste zoutmijn in bedrijf worden genomen.²⁹ De zogeheten *Abraumsalze*, ongewenste verontreinigingen van het steenzout, die het een bittere smaak gaven, werden veelal met de hand afgescheiden. In 1860 werd echter een proces ontwikkeld om de gedolven mineralen

te zuiveren, gebruikmakend van verschillen in oplosbaarheid in water bij verschillende temperaturen. Daarmee werd een belangrijk bestanddeel van de *Abraumsalze*, het *kaliumchloride*, opeens een winstgevende grondstof. Het vormde de basis voor onder andere *potas* (*kaliumcarbonaat* K_2CO_3) en *kalisal-peter* (*kaliumnitraat* KNO_3), die beide niet alleen belangrijk waren als meststoffen, maar ook gebruikt werden voor de vervaardiging van glas en zeep (potas) en van buskruit (kalisalpeter). De winning van kalizouten overvleugelde al snel die van steenzout. In 1863 waren er rond Stassfurt al zo'n achttien kalifabrieken in bedrijf, met in totaal zo'n 3500 werknemers. Waar de hoeveelheid geproduceerd steenzout in de periode 1860-1880 verdubbelde, nam de hoeveelheid *carnalliet* ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$), een dubbelzout van kaliumchloride (KCl) en magnesiumchloride ($MgCl_2$), met een factor 20 toe, een groei die overigens ook tot tweemaal toe tot het instorten van de markt leidde.³⁰



Het winnen van kalimineralen in de mijnen van Stassfurt.

De zoutafzettingen zoals die bij Stassfurt werden geëxploiteerd, strekken zich uit over een groot gedeelte van midden-Duitsland. Ze werden in de loop van miljoenen jaren afgezet in een binnenzee die door geologische oorzaken van het open water afgescheiden was geraakt. In zeewater zijn allerlei ionen opgelost: positieve, zoals natrium (Na^+), kalium (K^+), calcium (Ca^{2+}) en magnesium (Mg^{2+}) en negatieve zoals chloride (Cl^-) en sulfaat (SO_4^{2-}). Door verdamping neemt de concentratie van deze ionen in het water toe, waarna specifieke zouten (of met een geologische term: mineralen) zich afzetten op de bodem, precies zoals dat tegenwoordig nog steeds in bijvoorbeeld de Dode Zee gebeurt. Zo ontstonden dikke zoutlagen die na het verdwijnen van de binnenzee door aarde werden bedekt en zo op verschillende diepten in de grond worden

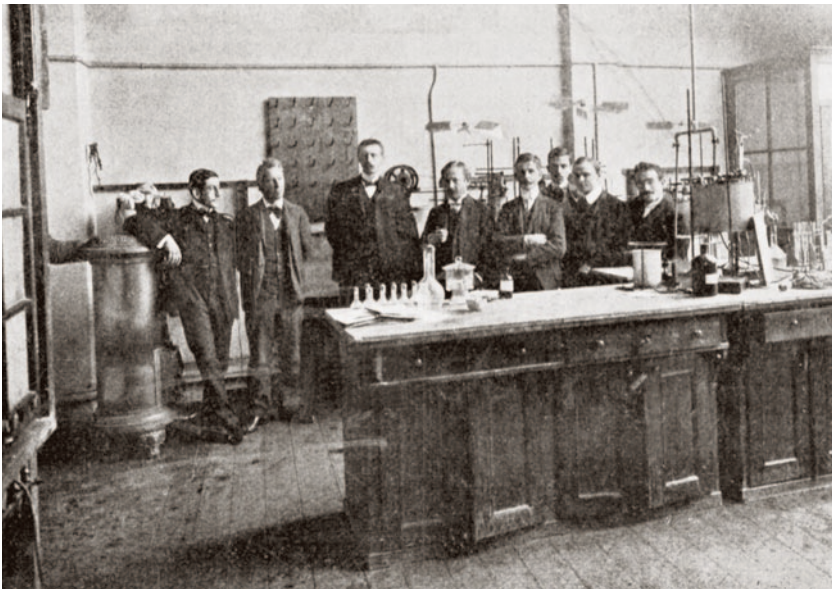
aangetroffen. De volgorde waarin de verschillende mineralen in die lagen zijn neergeslagen, zegt iets over de omstandigheden die heersten op het moment van neerslaan, zoals de temperatuur van het water en de concentraties van de verschillende ionen.³¹ Rond 1850 was al uit experimenten gebleken dat uit zee-water dat op natuurlijke wijze verdampt eerst kalk (CaCO_3) en vervolgens gips (CaSO_4) neerslaat. Naarmate de concentratie van de opgeloste ionen door verdamping toeneemt, begint zich steenzout (natriumchloride of NaCl) af te zetten. Maar wat er vervolgens gebeurt met de achterblijvende ionen was onduidelijk.³²

Een complicerende factor was dat volgens de tegenwoordig algemeen geaccepteerde Barrentheorie van de Duitse geoloog Carl Ochsenius de binnenzee slechts door een soort zandbank (*Barre*) van de open oceaan was afgesloten, waardoor bij tijd en wijle vers zeewater van buitenaf kon toestromen, precies zoveel als er door verdamping verloren was gegaan.³³ Daarbij is het ook niet zo dat bij het indampen altijd het minst oplosbare zout uitkristalliseert. De oplosbaarheid van een zout in water is namelijk ook afhankelijk van de aanwezigheid van andere ionen. Zo kun je veel meer kaliumchloride oplossen in zuiver water dan in water waar al magnesiumionen in aanwezig zijn. De zes bovengenoemde ionen zouden in principe 22 verschillende, enkelvoudige zouten kunnen vormen die ook allemaal als mineralen in de zoutafzettingen worden aangetroffen. Zo bestaat het mineraal *sylvien* uit kaliumchloride (KCl). Sommige van die 22 zouten onderscheiden zich door de aanwezigheid van watermoleculen, die als *kristalwater* in het zout gebonden zijn. *Bischofiet* is bijvoorbeeld een mineraal van magnesiumchloride met zes moleculen kristalwater, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Naast enkelvoudige zouten kunnen ook dubbelzouten voorkomen, waardoor het aantal mogelijke combinaties nog veel groter is. Zo kwamen we eerder al *carnalliet* ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) tegen. Niet alle combinaties van twee zouten leiden echter tot daadwerkelijk bestaande dubbelzouten, simpelweg omdat sommige zouten alleen in een bepaald temperatuurgebied stabiel zijn, waar andere juist uiteenvallen. Uit onderzoekingen bleek dat er desondanks toch meer dan 110 verschillende dubbelzouten kunnen voorkomen.³⁴

Om dit ingewikkelde probleem van de zoutvorming nader te illustreren is het goed om een simpel systeem te beschouwen. We nemen daarvoor een bekglas gevuld met een verzadigde oplossing van zowel keukenzout als suiker. Wanneer we de temperatuur van de oplossing laten toenemen tot zo'n 40 graden Celsius, zal het water beginnen te verdampen. Nu is suiker in warm water veel beter oplosbaar dan in koud water, terwijl dat voor zout nauwelijks uitmaakt. Naarmate de concentraties met het verdampen van het water toenemen zal dus als eerste het zout het punt bereiken waar het niet langer in oplossing kan blijven en neerslaan. De suiker blijft ook bij de hogere concentraties in oplossing. Wanneer we vervolgens de temperatuur weer laten dalen,

gebeurt het omgekeerde: het opgeloste zout merkt weinig van de temperatuurverandering, maar de suiker is slechter oplosbaar en slaat op zijn beurt neer. Zo heeft zich alleen door de temperatuur te verhogen en weer te laten zakken, eerst een zoutlaag en daarna een suikerlaag op de bodem van het bekglas gevormd. Tijdens het indampen en af en toe weer overstromen van de binnenzeeën rond Stassfurt hebben zich voortdurend soortgelijke processen afgespeeld, zij het dan van veel gecompliceerder aard. Als eerste zette zich zo een dikke laag steenzout af. Die laag ligt onderop en is daarmee het oudst. De laag wordt echter doorsneden met dunne lagen van het gips-mineraal *anhydriet* (calciumsulfaat), die als een soort van jaarringen wijzen op perioden van afkoeling. Boven op het steenzout bevinden zich verschillende andere minerale lagen, die pas zijn neergeslagen nadat door voortdurende verdamping de concentraties van de betrokken ionen in het water bepaalde grenswaarden hadden overschreden.³⁵

Dat was de puzzel waar Van 't Hoff en Meyerhoffer zich voor gesteld wisten, te begrijpen onder wat voor omstandigheden, bij welke concentratie en na hoeveel tijd een bepaald zout of mineraal zich afscheidt uit een indampende oplossing. Om antwoord op die vraag te vinden, gingen ze uiterst systematisch te werk, door bijvoorbeeld eerst alle combinaties van kalium- en magnesiumionen met chloride-ionen onder de loep te nemen. Dat leverde naast *sylvien* en *carnalliet* niet minder dan vijf verschillende vormen van magnesiumchloride op, met 12, 8, 6, 4 en 2 moleculen kristalwater. Het zal duide-



Van 't Hoff en zijn medewerkers in het laboratorium in Berlijn rond 1903. Van 't Hoff is tweede van links, Meyerhoffer is vierde van rechts.

lijk zijn dat dit soort onderzoek een enorme hoeveelheid aan data oplevert in de vorm van concentraties van de betrokken ionen, samenstelling van de neerslagen en temperaturen waarbij neerslagen ontstaan. Wanneer deze worden weergegeven in de vorm van tabellen, ontstaat al snel een onoverzichtelijke getallenbrij. Vandaar dat Van 't Hoff en Meyerhoffer gebruikmaakten van een grafische voorstellingswijze, die in Amsterdam door een van Van 't Hoff's medewerkers, de Duitser Richard Löwenherz, was geïntroduceerd.³⁶ Van 't Hoff had Löwenherz bij zijn komst naar Amsterdam in 1893 gevraagd een verklaring te zoeken voor een opvallende knik in een oplosbaarheidscurve die een Duits chemicus en mineraloog uit Stassfurt, Heinrich Precht – die we later nog uitgebreid tegen zullen komen – voor het eerst had waargenomen.³⁷ Löwenherz loste dit ingewikkelde probleem, waar vier verschillende zouten bij betrokken zijn, systematisch op aan de hand van de genoemde grafische weergave. Hierin worden verschillende parameters als concentraties en temperaturen weergegeven op individuele assen. Hoewel dat natuurlijk beperkt is tot een weergave in drie dimensies, was het door het slim weglaten van bepaalde parameters toch mogelijk inzicht te krijgen in de manier waarop een oplossing van bepaalde uitgangsstoffen zich gedroeg.³⁸

Het Berlijnse zoutonderzoek

Na zijn verhuizing naar Berlijn in de lente van 1896 was Meyerhoffer begonnen met het inrichten van het laboratorium, waarvan hij in de jaren daarna ook de dagelijkse leiding op zich zou nemen. Tegelijkertijd had hij in hetzelfde huis een aantal kamers betrokken. Op zijn aanbeveling had Van 't Hoff ook een voormalig collega van hem uit Wenen aangenomen voor het doen van analyses, de van oorsprong Hongaarse scheikundige David Bader.³⁹ Toen deze eind april in Berlijn aankwam, was er van een ingericht laboratorium nog nauwelijks sprake, en maakten 'alleen twee labtafels, enige statieven en Teclu-branders duidelijk welke ruimtes voor Van 't Hoff gereserveerd waren.'⁴⁰ Een paar dagen later pas kwamen Van 't Hoff en zijn bediende met wat glaswerk, enige thermometers en 2 kilo magnesiumchloride. Van 't Hoff maakte diezelfde middag nog een grote indruk op Bader door het smeltpunt van $\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ te bepalen op $116,7^\circ$, een waarde die later met een nauwkeuriger thermometer op $116,67^\circ$ werd bepaald.⁴¹ Bader kreeg de opdracht het laboratorium verder in te richten, zonder luxe, maar wel zo dat alles voorhanden was wat werkelijk gebruikt werd. Half augustus kon Van 't Hoff aan Cohen melden: 'Mijn nieuwe, altijd nog voorlopige installatie (ik wil eerst een jaar ondervinding opdoen) begint zich tot één en ander te leenen; met Meyerhoffer heb ik iets opgezet dat schijnt te gaan en van een aantal andere sollicitanten heb ik tegen October twee uitgekozen om in de richting, die ik nu zelf bepaal, verder te werken.'⁴²

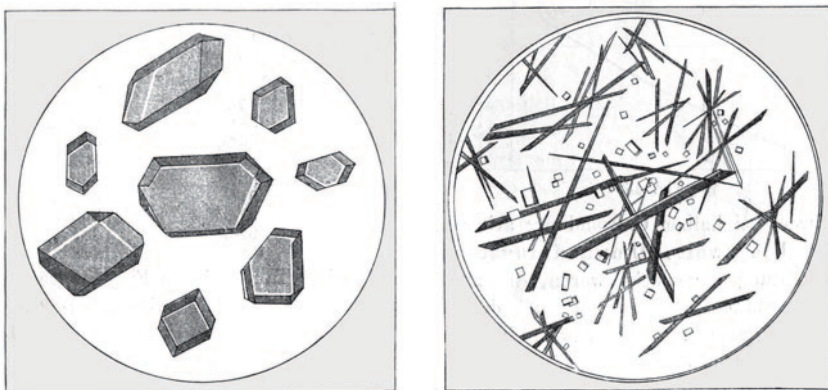
Vanaf de tweede helft van 1896 kwamen er jonge, vaak net gepromoveer-

de onderzoekers naar Berlijn, om hun diensten aan te bieden en daarmee tegelijkertijd samen te kunnen werken met een grootheid op het vakgebied van de fysische chemie: 'Doordat ik ze iets meer liet betalen dan elders en slechts op bijzondere aanbeveling hoofdzakelijk gepromoveerden aannam, [vormden] zij een kleine keurbende.'⁴³ Het was een bont gezelschap aan nationaliteiten, zo schreef van 't Hoff aan Cohen: 'zoo tripoteeren'⁴⁴ nu te Wilmersdorf, een Roemeniër, een Hongaar, een Canadees, twee Duitschers en een Hollander.'⁴⁵ Drie weken later kwamen daar ook nog een Engelsman en een Ier bij.⁴⁶ Zelf trok hij zich voor het doen van experimenten meestal terug in zijn privélaboratorium dat hij zelf schoonhield en waar hij later tijdens de zomermaanden geraniums kweekte. Om daar niet voortdurend gestoord te worden, liet hij zich op vaste tijden op de hoogte brengen van ieders voortgang, door met behulp van een afgesproken belsignaal alleen diegene naar zich toe te roepen met wie hij wilde overleggen.⁴⁷

Van 't Hoff maakte in die gesprekken wel duidelijk hoe volgens hem het werk diende te geschieden. Zo was hij pas tevreden wanneer metingen vele malen onafhankelijk van elkaar waren gedaan en vond hij in het algemeen nog wel een alternatieve manier om een gevonden resultaat te controleren. Maar al te vaak bracht hij na belangrijke bepalingen de Beckmann thermometer eigenhandig naar de Physikalisch-Technische Reichsanstalt om deze te laten ijken.⁴⁸ In zijn werk nam hij nooit pauze, maar ging hij schijnbaar onvermoeibaar in een vast tempo door. Een lezing voor de Österreichische Ingenieurs- und Architektenverein in 1906 sloot hij af met zijn werkmotto: 'Haste nie und raste nie, sonst haste die Neurasthenie.'⁴⁹ Een aantal medewerkers had bij wijze van scherts de activiteit in het laboratorium grafisch weergegeven. Die van Van 't Hoff had tussen negen en zes uur een constante hoge waarde, die van Bader lag iets lager, terwijl die van de studenten een kleine piek vertoonde rond een uur of tien, wanneer Van 't Hoff zijn ronde deed en verder hogere pieken tijdens het middageten en vooral na afloop van het werk, wanneer het 'Vergnügungsfeld' werd betreden. Tot hun schrik viel de schets in handen van Van 't Hoff, en toen deze de daaropvolgende drie dagen hier tijdens het werk niets over losliet, werden de heren wat nerveus. Op de avond van de derde dag nodigde Van 't Hoff iedereen uit voor een etentje bij hem thuis, dat in een wat gedrukte stemming verliep. Maar toen hij iedereen na het diner naar zijn studeerkamer leidde voor een glas bier en een sigaar, bleek dat de schets een ereplaats had gekregen op de schoorsteenmantel tussen een paar mooie kristallen, en zei Van 't Hoff, die als laatste de kamer was binnengekomen: 'Ja dat zijn allemaal waardevolle herinneringen, die mij zeer na aan het hart liggen.' Waarna de spanning was gebroken.⁵⁰

De eerste onderzoeksresultaten konden al op 4 februari 1897 tijdens een zitting van de Akademie worden gepresenteerd. Daar liet hij zijn collega's ook weten waar zijn programma voor de komende jaren uit zou bestaan. Dat

bestond uit vier stappen. Eerst wilde hij uitzoeken wat er gebeurt wanneer oplossingen van de sulfaten en chloriden van kalium en magnesium langzaam indampen. Daarna was hij van plan om uit te zoeken welke invloed de aanwezigheid van natriumchloride heeft op het uitkristalliseren van deze zelfde verbindingen, om vervolgens ook de invloed van calcium vast te kunnen stellen. Wanneer dat allemaal was uitgezocht, wilde hij onderzoeken wat er gebeurde met in kleine hoeveelheden aanwezige ‘verontreinigingen’ (ijzer, bromide etc.). Een ambitieus project, dat jaren in beslag zou gaan nemen.⁵¹ Hij moet zich toen al gerealiseerd hebben dat ‘konkrete vraagstukken, als dit, een zekere zelfopoffering [vorderen], omdat zij voor de scheikunde zelf niet in de eerste plaats waarde hebben en mij toch voor jaren in beslag moesten nemen, wilde er iets van worden’.⁵²



Microscoopbeelden van zoutkristallen zoals weergegeven in Van 't Hoff's boek Vorlesungen über Bildung und Spaltung von Doppelsalzen.

Het onderzoek zelf was niet echt opwindend. Dat kon ook moeilijk anders, omdat het laboratorium alleen over betrekkelijk simpele apparatuur beschikte, die alleen niet al te ingewikkelde experimenten toestond. Het dagelijks werk, zoals het bepalen van de oplosbaarheid van zouten onder verschillende omstandigheden, het analyseren van neerslagen en het meten van dampspanningen was ‘bewerkelijk en eentonig’,⁵³ zeker vergeleken met het onderzoek in Amsterdam, waar hij echt aan het front van de wetenschap had geopereerd. Dat moet hem dwars hebben gezeten. Tekenend daarvoor is een anekdote over een spiegelgalvanometer, een geavanceerd instrument om kleine stroompjes te meten, die in Van 't Hoff's privélaboratorium boven op een kast stond. Hij vertelde dat hij in Amsterdam ooit had gezien dat bij auto-oxidatiereacties elektrische ladingen ontstonden en dat hij dat verschijnsel eigenlijk het allerliefst in Berlijn verder had willen bestuderen. Hij had daar echter van af moeten zien, omdat zijn huidige laboratorium daarvoor niet toegerust was.⁵⁴ Daar kreeg hij later steeds meer problemen mee:

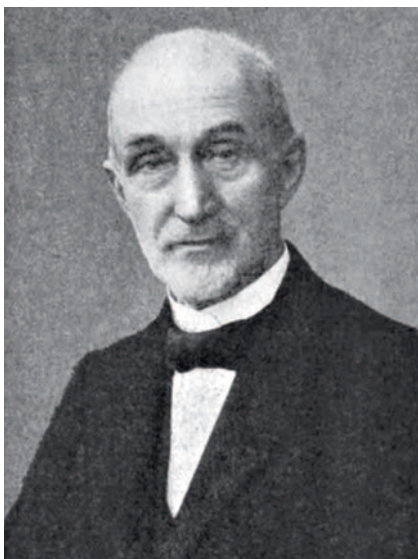
Het zwakke punt zit 'm in de omstandigheden in het laboratorium. [...] Fischer bood mij een deel van zijn laboratorium aan, terwijl ook de [Physikalisch-Technische] Reichsanstalt mij ook wel onderdak wilde bieden. Maar daarmee zou de zelfstandigheid van mijn positie verloren gaan en het hele karakter ervan. Bij het jubileum van de Akademie heb ik net als andere collega's om een assistent gevraagd, maar die niet gekregen.⁵⁵

Omdat het onderzoek zelf ook zelden tot wetenschappelijk verrassende resultaten leidde, was er ook nauwelijks sprake van diepgravende wetenschappelijke discussies.⁵⁶ Maar zoals hij in een persoonlijk gesprek in een naburig café aan zijn toenmalig medewerker en latere Nobelprijswinnaar Hans von Euler liet weten, drukte de verantwoordelijkheid als opleider van een nieuwe wetenschappelijke generatie hem zo zwaar op de schouders, dat hij ervoor terugschrok om jonge wetenschappelijke talenten mee te nemen op onzekere onderzoekspaden.⁵⁷ Zijn streven was ook om niemand met lege handen uit het laboratorium te laten weggaan, dat wil zeggen zonder ooit een publicatie over zijn werk te hebben geschreven. Als dat om wat voor redenen dan ook niet leek te gaan lukken, dan zette hij de betreffende medewerker aan een simpler onderzoek dat sneller tot resultaten zou leiden.⁵⁸

Waar in 1897 niet minder dan zes publicaties over het onderzoek naar de vorming van de oceanische zoutafzettingen in Stassfurt het licht hadden gezien,⁵⁹ bleef de productie ook in de jaren daarna hoog met gemiddeld zo'n vier tot vijf artikelen per jaar, resulterend in een reeks die uiteindelijk 52 artikelen zou omvatten.⁶⁰ In 1901 werd een eerste mijlpaal bereikt, met het afronden van de studie naar de invloed van natrium op het neerslaan van sulfaten en chloriden van magnesium en kalium bij 25 graden Celsius. Het grootste probleem hierbij was de vorming van het *kieseriet* ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) geweest, dat in het laboratorium maar uiterst moeilijk kon worden gevormd, terwijl het toch in dikke lagen in de zoutafzettingen aanwezig was. Met veel volharding en vooral veel geduld kon worden aangetoond dat dit *kieseriet* in een hygroskopische oplossing van magnesiumchloride bij kamertemperatuur werd gevormd over een tijdsspanne van vele dagen.⁶¹ In 1904 werd een nieuwe mijlpaal bereikt toen Van 't Hoff en zijn medewerkers de onderzoeken wisten uit te breiden tot temperaturen van maximaal 83 graden Celsius, de hoogste temperatuur die tijdens de geologische zoutvorming moet zijn opgetreden.⁶² Tot slot werden ook nog de boraten onderzocht, al vond Van 't Hoff zelf achteraf dat dat beter achterwege had kunnen blijven.⁶³ Op 21 oktober 1908 kon Van 't Hoff met een bijna hoorbare zucht van verlichting in zijn dagboek aantekenen: 'Salzablagerungen voltooid.'⁶⁴ Zo was 'een enorme opgave op het gebied van de fysische chemie'⁶⁵ dan eindelijk afgerond, Snelders noemt het zelfs 'het eerste voorbeeld van een omvangrijke samenwerking op het gebied van de natuurwetenschappen',⁶⁶ al lijkt dat wat overdreven. Volgens

Van Deventer was het voor Van 't Hoff in elk geval 'een voldoening zóó zijn eereschuld te mogen afdoen aan het rijk, dat hém zoo geëerd had'.⁶⁷

Na de afsluiting van de eerste fase van het onderzoek in 1901 had Van 't Hoff het aangedurfd in te gaan op een uitnodiging om 'in het hol van de leeuw' een lezing te houden voor de verzamelde Duitse 'zoutchemici' van Saksen-Anhalt in Stassfurt.⁶⁸ Hij sprak daarin de wens uit dat zijn lezing enkelen van zijn toehoorders, meest wetenschappers in dienst van de kali-industrie, ertoe zou bewegen hem in zijn onderzoek te ondersteunen. Maar dat gebeurde aanvankelijk maar op zeer beperkte schaal.⁶⁹ De aandacht van de industriële onderzoekers ging vooral uit naar de ontwikkeling van allerlei *praktische* methoden om uit de naar boven gehaalde zouten het gewenste product, bijvoorbeeld een zout als kaliumchloride, te isoleren. Elke ontdekking die tot een verbetering van het productieproces leidde, leverde potentieel concurrentievoordeel op. Vaak werden deze ontdekkingen dan ook gepatenteerd en verder met veel geheimhouding omkleed. Dat hadden Van 't Hoff en Van Deventer ook al gemerkt toen zij in 1887-1888 werkten aan het *astrakaniet*. Van 't Hoff had indertijd contact opgenomen met de directeur van een zoutfabriek in Leopoldshall bij Stassfurt en gevraagd naar diens ervaringen. Maar hoewel deze zeer geïnteresseerd was in de experimenten van Van 't Hoff, liet hij weten tot zijn spijt op zijn beurt niets te kunnen loslaten, omdat dit betrekking had op een geheim fabricageproces.⁷⁰ Naarmate er echter vanaf 1896 een gestage stroom onderzoeksresultaten uit Berlijn op gang was gekomen, was de belangstelling om eens met Van 't Hoff en zijn medewerkers te gaan praten gegroeid. Dat had geleid tot een bezoek van de man die het zoutonderzoek onder zijn hoede had, de Duitse chemicus en mineraloog Heinrich Precht.



Heinrich Precht (1852-1924) met wie Van 't Hoff samenwerkte aan het onderzoek naar zoutvorming.

Precht was in 1877 gepromoveerd in Göttingen en na een assistentschap in Hannover bij de Gewerkschaft Neu Stassfurt gaan werken, waar hij in 1883 directeur was geworden. Daar had hij ervoor gezorgd dat de analyse en de verwerking van de gedolven mineralen op een professionelere wijze werden aangepakt.⁷¹ Hij had met belangstelling gevolgd wat Van 't Hoff in Berlijn aan het doen was, maar zich nooit bij Van 't Hoff gemeld. Pas toen deze een verkeerd idee over de vorming van een bepaald dubbelzout bleek te hebben,⁷² vond Precht de tijd gekomen om eens langs te gaan en kennis te maken. Dat bezoek vond plaats in het voorjaar van 1898 en leidde tot een uitnodiging aan Van 't Hoff om begin juni dat jaar langs te komen in Stassfurt en daar met eigen ogen het delven en de verwerking van de mineralen te komen aanschouwen. Die ontmoeting vormde het begin van een lange vriendschap en samenwerking. In 1905 organiseerden Van 't Hoff en Precht samen de eerste Duitse *Kalitag* in Hannover, waar industrie en wetenschap samenkwamen om over hun onderzoek te praten. Tijdens de bijeenkomst werd besloten tot de oprichting van een samenwerkingsverband voor het wetenschappelijke onderzoek van de Duitse kaliafzettingen,⁷³ dat van 1906 tot 1919 zou bestaan.⁷⁴ Het werd financieel ondersteund door de Duitse kali-industrie, de Akademie van Wetenschappen en de Duitse Ingenieursvereniging. In zijn laatste artikel over de zoutafzettingen (uit 1908) zette Van 't Hoff nog het wetenschappelijk onderzoeksprogramma van het Kali-Verband uiteen⁷⁵ en twee jaar later gaf hij de Akademie nog een overzicht van de tot dan toe behaalde resultaten, maar dat waren echt zijn laatste bijdragen aan het zoutonderzoek.⁷⁶

Het belang van Van 't Hoff's zoutonderzoek

Hoe moeten we nu, alles overziend, Van 't Hoff's zoutonderzoek in Berlijn beoordelen? Hij was vol enthousiasme met het werk begonnen, omdat hij er in Amsterdam mooie resultaten in had bereikt, zoals de waarneming van een aantal overgangspunten bij de vorming van dubbelzouten. Ook zag hij mogelijkheden om in samenwerking met de industrie te komen tot daadwerkelijke toepassingen en daarbij realiseerde hij zich dat hij in zijn van beperkte middelen voorziene thuislaboratorium niet de verfijnde onderzoeken kon doen die in het nieuwe, veel beter uitgeruste Amsterdamse laboratorium wél mogelijk waren geweest. In een brief aan Max Planck van 20 februari 1895, dus meer dan een jaar voordat hij zekerheid had over zijn aanstelling in Berlijn, wees hij al op een probleem dat hem het werken met verfijnde meetapparatuur onmogelijk zou maken. De plek waar zijn thuislaboratorium zou komen moest daarvoor 'vrij zijn van Berlijnse bodemtrillingen die het opstellen van een galvanometer schijnen te verstoren'.⁷⁷ Maar afhankelijk zijn van anderen wilde hij niet en anderen voor de voeten lopen al helemaal niet. Ook dat schreef hij al in diezelfde brief aan Planck.

Met al zijn persoonlijke eisen en voorwaarden na zijn komst naar Berlijn

had hij geen andere keuze dan zich volledig te richten op het zoutonderzoek. Gegeven zijn beperkte experimentele faciliteiten zou het wellicht voor de hand hebben gelegen als Van 't Hoff zich in zijn zoutonderzoek had geconcentreerd op het ontwikkelen van nieuwe *theoretische* inzichten, iets waar hij zich in Amsterdam juist door had weten te onderscheiden. Maar die ontbreken zo goed als geheel in alle publicaties. Nu waren er in de tussentijd wel anderen gekomen die de theorie op dit gebied hadden ontwikkeld. Zo had de Nederlandse natuurkundige Van Rijn van Alkemade, die bij Lorentz in Leiden was gepromoveerd, al in 1892 de theorie van Gibbs toegepast op evenwichten van oplossingen met vaste fasen voor twee of drie componenten.⁷⁸ Maar eerst en vooral was het Bakhuis Roozeboom, die na zijn aanstelling tot lector in Leiden in 1893, en met name later als opvolger van Van 't Hoff in Amsterdam, op het kompas van Gibbs' fasenleer onderzoek deed naar heterogene evenwichten.⁷⁹ Wellicht wilde Van 't Hoff zijn opvolger niet voor de voeten lopen, maar belangrijker is dat hij zoals we eerder zagen weinig belangstelling had voor de ingewikkelde wiskunde die ten grondslag lag aan de ideeën van Gibbs. Slechts in één van de 52 artikelen die Van 't Hoff wijdde aan zijn *Salzablagerungen* komt bijvoorbeeld een verwijzing voor naar diens fasenregel.⁸⁰ Met enig understatement concludeerde een van Van 't Hoffs medewerkers, de Duitse chemicus Jean d'Ans dan ook: 'Men kan Van 't Hoff nauwelijks als een apostel van die leer beschouwen.'⁸¹

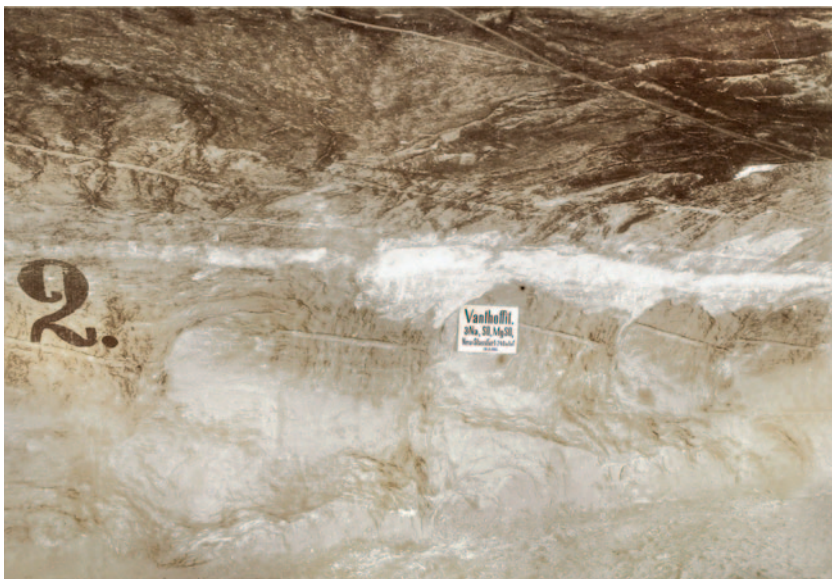
Ook heeft Van 't Hoff zich verkeken op de werkelijke aard en omvang van het experimentele werk én op de inflexibiliteit van een industrie die niet gewend was om op basis van wetenschappelijk onderzoek beproefde, maar misschien niet erg efficiënte productiemethoden aan te pakken. We zullen zien hoe Meyerhoffer met een alternatief proces voor de verwerking van *carnalliet* bot ving bij zijn industriële collega's die daar simpelweg niet aan wilden. Tegelijkertijd werd het Van 't Hoff door herhaalde bezoeken aan Precht en Stassfurt duidelijk dat zijn fysisch-chemisch onderzoek geen panacee was voor de problemen waar de zoutindustrie mee kampte: 'Wij hadden vooreerst nog meer van de geologie en de mineralogie te leeren dan omgekeerd.'⁸² Maar eenmaal begonnen was er geen weg terug meer geweest, ook al realiseerde hij zich terdege wat voor indruk dat moet hebben gemaakt op zijn collega's:

Gij zult er wel eens om gelachen hebben dat het zoo lang duurt, en in de Akademie had ik bij mijn mededelingen meermaal het gevoel van 'Kunz von Kaufingen' met de 'drei Ritter'; intusschen zijn er nog andere voorbeelden: Cahours heeft eens van Berthelot gezegd 'Voilà depuis vingt ans qu'il publie la même chose.' En Raoult heeft 22 jaar gevriespunt; ik had 10 als termijn gesteld.⁸³

Meer dan wie ook moet hij zich hebben gerealiseerd dat de hoeveelheid tijd die hij aan de zouten had gespendeerd in geen verhouding stond tot het belang ervan. Integendeel, zijn eerdere grote ontdekkingen kwamen in veel kortere tijd tot stand: 'Het eerste wat ik gedaan heb, dat ging zoo vanzelf; het tweede heeft vijf maanden geduurd en de "Salzerei" duurt nu reeds tien jaar.'⁸⁴

Ondanks de wederzijdse belangstelling voor elkaars activiteiten en de voorzichtige samenwerking is het twijfelachtig of de kali-industrie veel geprofiteerd heeft van het werk dat in Berlijn werd uitgevoerd, omdat ze zeker tot aan de Eerste Wereldoorlog 'onbezwaard door wetenschappelijke inzichten'⁸⁵ voortging de talrijke productieproblemen op pragmatische en empirische wijze te boven te komen. In januari 1897 was Van 't Hoff nog erg positief gestemd over de samenwerking: 'Er zijn al twee octrooiaanvragen de deur uit om ervoor te zorgen dat ik zo mogelijk ook ter plaatse [in Stassfurt] vaste grond onder de voeten krijg.'⁸⁶ Maar al het onderzoek in de jaren daarna heeft voor de zoutindustrie niet veel vruchtbaars opgeleverd. Ook Jean d'Ans, die het werk op dit gebied nog veertig (!) jaar zou voortzetten, zag dat Precht en Van 't Hoff 'altijd uiterst serieus en volmaakt beleefd hun eigen problemen bediscussieerden, zonder dat ze elkaar feitelijk begrepen, om uiteindelijk toch enigszins teleurgesteld uit elkaar te gaan.'⁸⁷ Precht was niet goed in staat om de technische problemen waar hij zich voor gesteld wist zó helder uiteen te zetten dat Van 't Hoff zijn wetenschappelijk licht erover kon laten schijnen en Van 't Hoff kon niet goed duidelijk maken dat zijn alternatieve productiemethoden beter waren of meer opleverden. Pas na de Eerste Wereldoorlog, toen het aantal zoutfabrieken om economische redenen met meer dan 80 procent was teruggebracht, kwam er een beweging op gang om de winning en de verwerking van kalizouten op een meer rationele basis te grondvesten. In 1918 werd de Kaliforschungsanstalt opgericht met het doel de bevindingen van Van 't Hoff en diens navolgers te gebruiken en aan te vullen met het oog op technische toepassingen.⁸⁸

De onderzoeken van Van 't Hoff leidden wel tot interessante conclusies op geologisch gebied. Op basis van al dan niet voorkomen van bepaalde (combinaties van) mineralen was het namelijk mogelijk conclusies te trekken over de temperaturen die geheerst moeten hebben in de periode dat de betreffende zoutlagen werden afgezet. Zo is magnesiumsulfaat met zes of zeven moleculen kristalwater nergens in de zoutlagen te vinden. Dat kan alleen begrepen worden door aan te nemen dat de temperatuur van het zeewater gedurende de gehele tijd dat de lagen werden afgezet boven de 32 graden Celsius moet zijn geweest, dat wil zeggen dat er in die tijd dus een tropisch klimaat in Duitsland moeten hebben geheerst. Af en toe moet het zelfs nog warmer zijn geweest gezien het voorkomen van mineralen als *langbeiniet* ($K_2Mg(SO_4)_2$) en het vrij zeldzame, naar Van 't Hoff genoemde *vanthoffiet* ($Na_6Mg(SO_4)_4$), die respectievelijk pas boven 37 en 47 graden Celsius worden gevormd. Het



Dunne laag van het naar Van 't Hoff vernoemde mineraal vanthoffiet ($\text{Na}_6\text{Mg}(\text{SO}_4)_4$) in de zoutafzettingen van Stassfurt.

voorkomen van mineralen in de zoutlagen bood, gecombineerd met de inzichten van Van 't Hoff een soort *geologische thermometer*,⁸⁹ en dat was voor geologen uiterst waardevol. Donnan noemde het zelfs 'the crowning glory of the whole series of researches'.⁹⁰

Met voldoening citeerde Van 't Hoff een brief van zijn voormalige Amsterdamse collega Molengraaff over zijn 'zouterij': 'Ik herinner mij nog in Amsterdam, in den eersten tijd in het nieuwe laboratorium [dus 1891] over die onderzoeken gesproken te hebben, maar vond een ontnuchterende opname; nu schrijft hij van de "schitterende onderzoeken, die voor de geologen een grote draagwijdte hebben"'.⁹¹ Ook in zijn intrede bij zijn benoeming tot hoogleraar in Delft onderstreepte Molengraaff dit nog eens: de onderzoeken van Van 't Hoff waren een grootse triomf, omdat ze 'een volledig en onwederlegbaar juist beeld scheppen van de temperaturen, die in Permischen tijd tijdens de periode der vorming der Stassfurter zoutbeddingen in hun moederloog moeten zijn voorgekomen'.⁹² Een ander mooi resultaat was dat van de in totaal 110 dubbelzouten die er op basis van de experimenten van Van 't Hoff voor zouden moeten komen, er daadwerkelijk zeventig aangetroffen zijn. Op deze manier toonde Van 't Hoff aan 'dat de fysisch-chemische wetten ook in het grote laboratorium van de Natuur hun geldigheid behouden'.⁹³ Dat ook andere processen een rol hebben gespeeld, liet uitgerekend zijn oude vriend Arrhenius zien. Hij wees erop dat de zoutafzettingen gedurende lange perioden bedekt waren onder sedimentafzettingen, en dat als

gevolg van de aardwarmte en onder druk niet alleen kristalwater verloren kan zijn gegaan, maar er ook nieuwe en andere mineralen kunnen zijn gevormd dan er oorspronkelijk waren afgezet.⁹⁴

Geïnspireerd door het werk van Van 't Hoff zag ook de Amerikaanse chemicus Arthur Louis Day mogelijkheden om met behulp van fysisch-chemisch onderzoek meer te weten te komen over de vorming van gesteenten uit gesmolten magma, zoals dat in de aardkorst plaatsvindt.⁹⁵ Toen de secretaris van de Carnegie Institution, C.D. Walcott, in 1902 aan Van 't Hoff (en aan een aantal Europese geleerden van naam onder wie Kohlrausch, Nernst en Kelvin) had gevraagd naar de wenselijkheid van het doen van geofysisch laboratoriumonderzoek, had Van 't Hoff hier al op gewezen: 'Het specifieke probleem dat, naar ik meen, aandacht behoeft, is de fysische chemie achter de toepassing van hoge temperaturen op de belangrijkste bestanddelen van de aardkorst, in eerste instantie de silicaten.'⁹⁶ Het was dan ook dit soort onderzoek dat Day en anderen, toen nog werkzaam bij een Amerikaanse *us Geological Survey*, gingen uitvoeren, en met succes. Eind januari 1906 noteert Van 't Hoff in zijn dagboek: 'Day meldt uit Washington dat Carnegie tot den bouw van een Geophysisch Laboratorium heeft besloten, en bedankt voor mijn medewerking. De zouterij is dus niet geheel onvruchtbaar gebleken.'⁹⁷ Het Geophysical Laboratory zou in juni 1907 zijn deuren openen. En ook al was het dan niet het directe resultaat van Van 't Hoff's zoutonderzoek, het was wel 'schatplichtig aan zijn algemene aanpak daarvan en de successen die hij behaalde op het gebied van de fysische chemie en de experimentele petrologie.'⁹⁸

Zelf heeft Van 't Hoff zich maar heel zelden negatief of teleurgesteld over zijn zouterij uitgelaten. Slechts af en toe komt iets van teleurstelling naar voren, zoals in een antwoord aan Ostwald, die hem in 1897 had uitgenodigd om op de bijeenkomst van de Elektrochemische Gesellschaft in München iets te presenteren:

Ik kom in elk geval naar München, maar heb niets wat de Elektrochemische Gesellschaft als mededeling zal interesseren. Ik heb het hele jaar zitten stassfurterzoutlageren en kan daar voor de Gesellschaft niets aan ontlenuen, hoe graag ik ook mijn betrokkenheid bij alle nastrevingen zou willen tonen.⁹⁹

Wél vermeldde hij herhaaldelijk vol trots de positieve opmerkingen van anderen over zijn onderzoek, zoals die van Molengraaff, en concludeerde hij in oktober 1906, toen hij terugkeek op zijn onderzoek tot dan toe in Berlijn: 'Ook is bereikt wat ik mij bij 't begin van het Stassfurter onderzoek wenschte, niet iets dat b.v. 10 jaar na voltooiing eerst werd goed gevonden, [want] daarvoor ben ik te oud.'¹⁰⁰ Zowel Ostwald als Fischer kwamen in hun beider

Gedächtnisreden voor hun overleden vriend op Van 't Hoff's zoutonderzoek terug. Zo schreef Ostwald:

Dat grote onderzoek kan niet de vergelijking doorstaan met zijn vroegere prestaties, omdat het geen theoretische vooruitgang opleverde van dezelfde grootsheid. Zoiets op deze plek uit te spreken komt wellicht ondankbaar en ongepast over, maar ik weet uit herhaalde gesprekken dat mijn overleden vriend hier zelf niet anders over dacht en dat het hem met zijn strikte gevoel voor de waarheid tegen de borst zou stuiten wanneer op deze plek getracht zou worden om zijn levenslijn afwijkend van de werkelijkheid te trekken.¹⁰¹

Fischer was positiever en opperde dat Van 't Hoff's keuze voor het zoutonderzoek wellicht ingegeven was geweest door diens inschatting dat op zijn 'oude' vakgebied de grote ontdekkingen al achter de rug waren: 'Kon het niet zo zijn dat het gebied waarop Van 't Hoff vroeger gewerkt had juist als gevolg van zijn ontdekkingen uitgeput was geraakt?'¹⁰² waarop hij die vraag direct zelf beantwoordde: 'Inderdaad is er de afgelopen twintig jaar, wanneer men afziet van de radioactiviteit geen theorie in de scheikunde opgedoken, die wat eenvoud en algemene geldigheid betreft gelijkgesteld kan worden met de hiervoor behandelde ideeën van Van 't Hoff'. Waarvan akte.

Van 't Hoff's steunpilaren

Begin 1903 had zich in de buurt van het laboratorium aan de Uhlandstrasse een aantal veranderingen voltrokken: zo was op het grasveld dat als tennisbaan werd gebruikt een huis gebouwd en leek ook de tuin ten prooi te gaan vallen aan bebouwing. Dat zou veel licht wegnemen in de kamers van het laboratorium met als gevolg dat het werken met microscopen, waarmee de vorming van kristallen in oplossing werd gevolgd, steeds lastiger zou worden. Vandaar dat besloten werd om iets verderop, op de bovenste verdieping van een achterhuis aan de Düsseldorfer Strasse nummer 4, een nieuw laboratorium te betrekken. Die ruimte was tot dan toe als de studio van een fotograaf gebruikt en bood dus meer dan voldoende licht.¹⁰³ Zoals eerder al in het oude laboratorium was het daar elk jaar een komen en gaan van nieuwe medewerkers. Altijd waren er naast Meyerhoffer en Van 't Hoff tenminste twee anderen werkzaam, maar veel vaker waren dat er wel zes of zeven. In totaal hebben 39 uitsluitend mannen zich met het onderzoek beziggehouden, de meesten afkomstig uit Duitsland en het Verenigd Koninkrijk. Ongeveer de helft van hen was al gepromoveerd toen ze in Berlijn arriveerden, een kwart promoveerde later. Daarnaast was er David Bader, de analist, en een *Laboratoriumdiener*, Emil Gohlisch, die door Van 't Hoff uit eigen zak betaald werd en dus ook voor hem en zijn familie allerlei klusjes opknapte.

Meyerhoffer regelde alle praktische zaken in het laboratorium en zorgde ervoor dat alles gladjes verliep.

Dat laatste betekende zeker in de eerste jaren een enorme ontlasting voor Van 't Hoff. 'Meyerhoffer [is] voor mij op ideale wijze behulpzaam; wat ik heden wensch, is er morgen; meld het hem niet, dan verslapt hij.'¹⁰⁴ In de loop der tijd werd echter duidelijk dat de temperamentvolle Meyerhoffer de eigenschappen ontbeerde die voor het begeleiden van zo'n groot onderzoeksproject met tal van medewerkers nodig waren. Zo besloot begin 1899 de uiterst betrouwbare en efficiënte assistent David Bader tot verdriet van Van 't Hoff te vertrekken, omdat 'er bezwaren waren tussen hem en Meyerhoffer, die verder samenwerken onmogelijk maken.'¹⁰⁵ Het ontbrak Meyerhoffer ook aan het geduld dat vereist was voor het oplossen van lastige problemen, zoals het eerdergenoemde *kieseriet*-probleem, zodat Van 't Hoff zich gedwongen zag dat samen met hem aan te pakken.¹⁰⁶ Ook kon Meyerhoffer volkomen onverwachts uitbarsten, zoals de keer dat vertegenwoordigers van de kali-industrie zich niet bereid toonden om een door hem ontwikkeld alternatief voor de verwerking van *carnalliet* – uit een smelt, dus zonder gebruik van water – toe te passen.¹⁰⁷ Van 't Hoff had dit tijdens een van zijn lezingen in Chicago nog een veelbelovende industriële toepassing van zijn zoutonderzoek genoemd.¹⁰⁸ Meyerhoffer had niet alleen in het laboratorium laten zien dat het werkte op een schaal van enkele grammen, maar ook op een duizendmaal grotere schaal. Tevergeefs, de fabriekseigenaren in Stassfurt wilden er niet aan.



De Duitse scheikundige Wilhelm Meyerhoffer (1864-1906) studeerde eerst bij Van 't Hoff in Amsterdam en werd later in Berlijn diens belangrijkste medewerker.

Met Meyerhoffer ging het allemaal iets beter nadat hij in 1900 was getrouwd en een zoontje had gekregen. Bovendien werd hij in datzelfde jaar benoemd tot buitengewoon hoogleraar in Praag, waarmee een langgekoesterde wens

in vervulling ging. Vlak na de verhuizing naar het nieuwe laboratorium, waar de arbeidsomstandigheden beter waren, kreeg Meyerhoffer door het plotse-linge overlijden van zijn zoontje echter een klap die hij niet meer te boven zou komen. Een hartaandoening waaraan ook zijn vader had geleden begon sterk op te spelen en hij werd depressief, volgens Van 't Hoff omdat de vasthoudendheid die voor het werken aan de lastige problemen noodzakelijk was bij Meyerhoffer 'eerder treurige gedachten opwekte dan deze op afstand te houden'.¹⁰⁹ Na een lichte opleving kreeg eind 1905 de ziekte de overhand en werd het werken in het laboratorium hem zowel fysiek als psychisch onmogelijk: 'Hij maakt nu zoo'n gebroken indruk, is vergeetachtig en zonder wezenlijke belangstelling, de type van een ongelukkig man.'¹¹⁰ Maart 1906 vertrok hij op doktersadvies naar een sanatorium in Merano in Italië. Voor Van 't Hoff was het toen al duidelijk dat het einde nabij was:

Meyerhoffer [...] leeft wellicht niet lang meer; hij gevoelt dat ook zelf en nam van enkelen meer een soort afscheid voorgoed, zei tegen Aleida 'Sie sind immer sehr freundlich für mich gewesen.' Ik heb er zeer mee te doen, hij is niet zoo recht op 'ein grünen Zweig' gekomen; somtijds denk ik dat het beter voor hem was geweest zich van mij los te maken en meer dan eens heb ik hem dat gezegd, maar hij was toch iemand waarvan de hand moet worden gehouden. [...] Ik heb aan hem altijd een' zeer trouwe en opgewekte medewerker gehad. Zoo gaat alles voorbij.¹¹¹

Meyerhoffer overleed op 21 april 1906 in Merano. Van 't Hoff was zeer ontdaan door het verlies van een van zijn trouwste medewerkers: 'Meyerhoffer is wel heel veel voor mij geweest, als mensch en als medewerker. [...] Ik hoop maar dat ik evenveel voor hem geweest ben als hij voor mij.'¹¹² Daarover hoefde hij niet te twijfelen. Hij had Meyerhoffer altijd in alles gesteund. Toen Hans Landolt zijn colleges aan de Friedrich-Wilhelms-Universität om gezondheidsredenen tijdelijk moest stoppen, regelde Van 't Hoff dat Meyerhoffer die zou overnemen. Zo kreeg hij ook de mogelijkheid zich te laten zien aan de rest van de faculteit. Het zou zich echter tegen hem keren, omdat Meyerhoffer zich er zo druk over maakte, dat hij tijdens het eerste college van drie uur een bloedspuwing kreeg en het college moest staken: 'Landolt schijnt zich na deze bovenmatige inspanningen van zijn plaatsvervanger zo hersteld te hebben, dat hij de colleges weer op zich nam.'¹¹³ Ook regelde Van 't Hoff via Arrhenius dat Meyerhoffer verkozen werd tot correspondent van de Akademie van Wetenschappen van Christiania, een bericht dat hem nog net voor zijn dood zou bereiken.¹¹⁴ De band met Van 't Hoff was voor Meyerhoffer in zekere zin ook een last. Hij had zelfs een 'zeer aannemelijk aanbod' afgeslagen.¹¹⁵ Van 't Hoff zag heel goed in dat er zo een schaduw was geworpen over hun samenwerking 'door de steeds klimmende moeilijkheden en

het daardoor weggenomen uitzicht, in enkele jaren iets te bereiken dat naar buiten sprak.¹¹⁶

De episode rond Meyerhoffer tekent de warme gevoelens die Van 't Hoff voor zijn medewerkers koesterde. Dat blijkt ook uit het feit dat hij zich vanaf het moment dat hij in Berlijn was aangekomen via Ernst Cohen op de hoogte liet houden van het welbevinden van zijn vroegere studenten en assistenten in Amsterdam, en als zij de groep verlaten hadden, van hun verdere ervaringen: 'Ontzettend verheugd heeft mij de plaatsing van Van Deventer in Indië; hij was, voor zover mij bekend, mijn eenige leerling, voor wiens toekomst terecht zorg bestond.'¹¹⁷ En een paar maanden later:

Het is mij altijd een weldadig verschijnsel als de oud-praktikanten, aan wier leiding ik mij wel eens ter wille van eigen doeleinden onttrok, het goed maken. De goede berichten over van Leeuwen, over mejuffrouw Maarseveen, over van Deventer waren mij gelijkelijk welkom; als nu van Laar te Utrecht en Eykman nog eens een kleine gunstige lotsbeschikking tegemoet gaan, is alles in orde.¹¹⁸

Ook had hij via Gunning geprobeerd om zijn broer als zijn opvolger benoemd te krijgen in de Suikercommissie en vroeg hij aan Gunning 'of er niet iets voor Eykman gedaan [kon] worden, 't zij in Groningen, 't zij als opvolger van [Van] Riemsdijk'.¹¹⁹ Eykman werd datzelfde jaar nog benoemd tot hoogleraar in de farmacie in Groningen. Met name Ernst Cohen, Van 't Hoff's eerste biograaf, had een bijzonder nauwe band met zijn leermeester. Na zijn promotie in 1893, en het vertrek van Reicher en Van Deventer, was Cohen assistent geworden bij Van 't Hoff en later privatdocent onder Bakhuis Roozeboom. In de roerige maanden voorafgaand aan Van 't Hoff's vertrek naar Berlijn had hij via zijn familierelaties ervoor gezorgd dat er via de Universiteitsvereniging financiële steun kwam om Van 't Hoff voor Amsterdam te behouden. Daarnaast had hij in diezelfde tijd een vertaling en bewerking gemaakt van de *Études* in het Duits. Om al deze redenen was Cohen voor Van 't Hoff in Berlijn tot een vertrouwenspersoon uitgegroeid en bovendien zijn enige directe band met zijn oude groep in Amsterdam. Toen Cohen midden 1898 een kans maakte om hoogleraar te worden aan McGill University in Montreal, ondersteunde Van 't Hoff dit met een gloedvolle aanbevelingsbrief en uitgebreide inlichtingen over de kennis en ervaring van de kandidaat.¹²⁰ Maar Cohen wees de benoeming uiteindelijk zelf af, omdat hij meende zo ver van huis niet te kunnen aarden.¹²¹

Vier jaar later kreeg hij echter een nieuwe kans in een interessante benoemingskwestie waar ook Van 't Hoff een rol in speelde, namelijk aan de Utrechtse universiteit. Toen daar beide hoogleraren scheikunde Hendrik Dibbitts en Eduard Mulder met emeritaat gingen, nam de faculteit, in de persoon van

haar voorzitter Hubrecht, Van 't Hoff's klasgenoot op de hbs, het voortouw om de scheikunde in Utrecht, waarvan de kwaliteit er in de afgelopen 25 jaar behoorlijk op achteruit was gegaan, uit het dal te laten herrijzen. Hubrecht wist ook precies wie hij daarvoor moest hebben: zijn oude schoolvriend Van 't Hoff.¹²² Die mocht zijn voorwaarden stellen, en behoefde op voorhand al geen onderwijs aan eerstejaars te geven.¹²³ Maar Van 't Hoff liet weten geen enkele behoefte te hebben om zijn positie in Berlijn op te geven:

Men heeft mij echter hier juist datgene gegeven wat ik zocht en hetgeen destijds in 't Vaderland niet te verkrijgen was. Als ik dan verder de zes jaar overzie, die ik nu hier doorbracht, is er zooveel reden tot dankbaarheid voor de groote tegemoetkoming van de nieuwe landgenooten. Het zijn de Duitsche collega's o.a. die mij voor den Nobelprijs hebben voorgesteld en de Keizer zelf heeft mij nog onlangs in kleinen kring als gast opgenomen, wat voor de opvattingen hier het allerhoogst beteekent.¹²⁴

Nadat Van 't Hoff het aanbod had afgewezen, begon een lange zoektocht naar een geschikte kandidaat, die ook nog eens bereid was om naar Utrecht te komen. Als eerste werd Bakhuis Roozeboom gepolst, sinds 1896 de opvolger van Van 't Hoff in Amsterdam. Deze kon zich echter niet vinden in de manier waarop de faculteit de scheikunde in Utrecht wilde verdelen en bleef daarom in Amsterdam. Vervolgens was het de beurt aan Lobry de Bruyn, die in 1896 in Amsterdam Gunning had opgevolgd, maar deze had net toestemming gekregen om een lector aan te stellen, waardoor hij zijn al te drukke werkzaamheden aanzienlijk kon verlichten en ook hij besloot daarom in Amsterdam te blijven.¹²⁵

Met Cohen kwam vervolgens opnieuw een Amsterdammer in beeld. Hij had in principe wel oren naar de positie, maar leek na een bezoek aan het laboratorium af te haken, omdat dit niet 'aan de matigst gestelde eischen voldoet en dat het in verband met den eigenaardigen bouwtrant ook niet mogelijk zal zijn door eenvoudige veranderingen van het inwendige tot een eenigszins bruikbaar geheel te geraken'.¹²⁶ Daarom eiste hij dat er een nieuw laboratorium zou worden gebouwd. Op dat moment kwam Van 't Hoff tussenbeide, daartoe in een confidentieel schrijven aangezocht door Hubrecht. Hij probeerde Cohen ervan te overtuigen niet al te hoog van de toren te blazen: 'aangezien niet lang geleden het laboratorium voor Dibbits is gebouwd en dat op Leeuwenhoek werkelijk niet zoo slecht is. Mulder Sr. heeft daar heel wat gedaan en ik heb mij te Amsterdam vele jaren met heel wat minder beholpen.' Tegelijkertijd zegde hij toe nog eens voor Cohen te zullen pleiten.¹²⁷ Eindresultaat was dat Cohen van de president-curator de vrijheid kreeg om met de minister van Binnenlandse Zaken, Abraham Kuypers, te gaan onderhandelen over de bouw van een nieuw laboratorium. Dat bleek een goede



Foto gemaakt op de dag van opening van het Van 't Hoff Laboratorium (16 mei 1904) in Utrecht. Van links naar rechts: Arrhenius, Van Romburgh, Van 't Hoff en Cohen.

zet, want er werd geld op de staatsbegroting vrijgemaakt en op 16 mei 1904 kon in het Sterrenbosch het nieuwe 'Van 't Hoff Laboratorium' worden geopend.¹²⁸ Van 't Hoff kwam er persoonlijk voor over uit Berlijn, helemaal omdat de universiteit hem ook een eredoctoraat in de geneeskunde had toegekend. Ook Arrhenius, die op doorreis was van Zweden naar de Verenigde Staten luisterde de bijeenkomst op met zijn aanwezigheid. In de laudatio wees de voorzitter van de faculteit der geneeskunde C.A. Pekelharing aan de hand van een aantal voorbeelden op het belang voor de geneeskunde van Van 't Hoffs ontdekkingen als het asymmetrisch koolstofatoom en zijn theorie van de osmotische druk: 'De geneeskunde erkent U als den meester, die, als een zon aan den hemel der natuurwetenschap, ook haar gebied bestraalt en met nieuwe vruchten verrijkt.'¹²⁹ Volgens Van 't Hoff 'was de hulde eenigszins onverdiend, daar hij bij zijn werk niet aan de toepassing zijner denkbeelden in de medische wetenschap gedacht had', maar hij waardeerde deze

des te meer omdat die afkomstig was van de universiteit waar hij zulke goede herinneringen aan had.¹³⁰ De opening bestond vervolgens uit het overhandigen van een vergulde sleutel van het laboratorium aan Van 't Hoff, die op zijn beurt een kostbare, door hem zelf gebruikte en verbeterde polarimeter ten geschenke gaf.¹³¹ Onder leiding van Cohen en Pieter van Romburgh, die naast Cohen benoemd werd als hoogleraar organische chemie, zou in de daaropvolgende jaren de scheikunde in Utrecht zich langzaam herstellen.¹³²

17

The greatest living physical chemist¹

Een opleiding is daar nog niet zo algemeen, nog niet zo diep in het volk doorgedrongen als in Europa. Amerika is nu eenmaal nog een jong land en het Amerikaanse volk is zich nog maar pas aan het ontwikkelen. Maar dat gaat veranderen, en in vijftig tot honderd jaar zal Amerika voor ons ook op wetenschappelijk gebied een geduchte concurrent zijn. – J.H. van 't Hoff²

Voor het eerst naar Amerika

‘Dikwijls had ik verlangd Amerika te zien, maar steeds aan die mogelijkheid gedacht als iets dat bewaard wordt tot het laatst.’³ Zo begon Van 't Hoff zijn beschrijving van de reis die hij samen met echtgenote Jenny maakte naar de Verenigde Staten: van 23 mei, de dag van vertrek uit Rotterdam, tot 6 juli 1901.⁴ Begin november 1900 had de Universiteit van Chicago hem in de persoon van de hoogleraar scheikunde John Ulric Nef uitgenodigd om het tienjarig bestaan van de universiteit luister bij te zetten met zijn aanwezigheid.⁵ Ook had Nef hem gevraagd een aantal lezingen te houden over een door hemzelf te bepalen onderwerp op het gebied van de fysische chemie. Het is niet geheel duidelijk wat de reden was voor Nef om Van 't Hoff uit te nodigen. Nef had zijn promotieonderzoek in de organische chemie in 1887 in München afgesloten onder leiding van Adolf von Baeyer en was directeur geworden van het scheikundelaboratorium in Chicago. Het lijkt erop dat hij simpelweg als taak had gekregen om een grootheid op zijn vakgebied uit Europa naar Chicago te halen. Naast een tegemoetkoming in de onkosten en een flink honorarium van in totaal 1000 dollar, werd Van 't Hoff ook een eredoctoraat in het vooruitzicht gesteld. Het kon blijkbaar niet op dat jaar, omdat hij begin januari al te horen had gekregen dat hem ook een eredoctoraat (in de geneeskunde) was toegekend door de Universiteit van Greifswald, een van de oudste universiteiten van Europa.

Zoals al uit het citaat hierboven blijkt, had hij zeker oren naar een reis naar de Verenigde Staten en dat liet hij de president van de universiteit per telegram desgevraagd weten: ‘Harper. University. Chicago. Yes. Van 't Hoff.’⁶ Vervolgens vroeg hij zijn vader, die als voormalig scheepsarts vaak werd geconsulteerd door schepelingen en daardoor veel kapiteins en ander personeel van de Holland-Amerika Lijn kende, om de overtocht voor hem en zijn vrouw te regelen. De heenreis zou met de Potsdam worden gemaakt met vertrek op 23 mei, en de terugreis met de Statendam op 6 juli. Omdat de terugreis in het zomerseizoen viel, kwam de totale reissom uit op het niet onaanzienlijke bedrag van 871,25 gulden (inclusief oorlogsbelasting), waarvoor Van 't Hoff en zijn vrouw dan wel een ruime driepersoonshut zouden

krijgen. Omdat de totale reis meer dan de reglementair toegestane zes weken zou duren, diende hij speciaal verlof aan te vragen via een rechtstreeks verzoek aan de keizer. Een welwillende en ongekend flexibele ambtenaar van het ministerie van Onderwijs stelde voor om gewoon vóór afloop van de zes weken een verlenging aan te vragen. Het formulier daarvoor werd thuis achtergelaten en later keurig door oudste dochter Jenny ingediend en door de Akademie goedgekeurd. Het bericht van zijn komst naar de Verenigde Staten verspreidde zich daar als een lopend vuurtje en hij werd overstelpd met uitnodigingen. Theodore Richards van Harvard University vroeg hem de *commencement ceremonies* bij te wonen,⁷ opdat hem een eredoctoraat kon worden uitgereikt,⁸ de American Chemical Society, van wie tal van leden hun opleiding hadden genoten aan Duitse universiteiten,⁹ vroeg hem een lezing te komen geven en verschillende oud-medewerkers onder wie Wilder Bancroft van Cornell University nodigden hem en zijn vrouw uit om bij hen thuis langs te komen. Daarbij werd hij in april ook nog eens benoemd tot *Foreign Associate* van de National Academy of Sciences in Washington.

Op 20 mei vertrokken Van 't Hoff en zijn vrouw uit Berlijn met twee grote hutkoffers en drie handkoffers, het laboratorium aan de zorg van Meyerhoffer overlatend. Onderweg ontdekten ze dat ze de Baedeker waren vergeeten, maar een briefje naar huis vanaf het station van Oberhausen volstond om deze reisgids nog net op tijd in Rotterdam te krijgen. Daar namen de Van 't Hoffs de gelegenheid te baat om de boot alvast te verkennen en vooral om nog even wat financiële zaken te regelen. Opvallend is dat Van 't Hoff vrij gedetailleerde aanwijzingen op schrift stelde over wat er zou moeten gebeuren



met zijn vermogen (zijn bezittingen, debiteuren en crediteuren) en met al zijn papieren ('schrifturen van mij verscheuren'), indien hem en zijn vrouw iets zou overkomen.¹⁰ Dat in zijn ogen de zeereis niet geheel zonder risico's was, blijkt ook uit de aantekening dat hij 'ook nog een buisje met cyaannatrium mee [nam] om bij eenig zee evenement niet doelloos te moeten lijden'. De grootste gevaren waren wrakken en ijsbergen, maar ook andere schepen vormden een gevaar: het eerste schip van de Holland-Amerika Lijn, de W.A. Scholten, was in 1887 voor de kust van Dover na een aanvaring vergaan. Nadat ze 's avonds 22 mei aan boord waren gegaan, bleek de driepersoonshut 'iet-wat benepen', maar de steward bood de Van 't Hoffs een 'state room' aan met zitgedeelte, schrijftafel, elektrische verlichting – die overigens voor lezen in de avond onvoldoende bleek te zijn – en uitzicht op dek. 'Ik vond het uiterst wellevend, maar meende toch het aanbod niet te mogen aanvaarden, evenwel gaf [zwager] Eduard mij een ribbenstootje, waaruit ik opmaakte dat de aanneming niet indiscreet was; ik nam dus onder protest aan.'

De reis verliep vervolgens zonder problemen. Van 't Hoff had tijd om zijn achterstallige post weg te werken en zich voor te bereiden op zijn lezingen, maar het grootste gedeelte van de reis werd doorgebracht in gezelschap van de medepassagiers:

Het gezellig verkeer ontwikkelt zich aan boord dan ook spoedig, niemand heeft iets te doen, men is samen aan hetzelfde lot verbonden, allen in nieuwsgierige reisstemming, voor zoover het geen terugkomers zijn, en de frissche lucht, met de elegante beweging van de boot wekken degenen die ertegen kan, op.

Midden op de Atlantische Oceaan werd het weer ruwer, waardoor een gepland bal werd afgelast en 'aan tafel de gelederen waren uitgedund', maar Van 't Hoff had nergens last van en genoot: 'de boot maakt magnifieke bewegingen, het beste te zien op het bovendek, waar men zich intusschen vast moet houden'. Na in de buurt van Newfoundland nog een omweg te hebben gemaakt vanwege mist en ijsbergen, passeerden ze op 1 juni het Vrijheidsbeeld en kwamen 'de hoge cloudscrapers, die den voorsteven van New York vormen' na een reis van tien dagen dan eindelijk in zicht. Eenmaal ontscheept werd de bagage gecheckt en meende een overijverige grensbeambte Van 't Hoff in zijn jaszak te moeten grijpen, maar daar zat alleen de Baedeker in. Vervolgens gingen ze op zoek naar hun hotel in Manhattan.

Dat deden ze lopend. Een neef die al eens in Amerika was geweest, had hen namelijk gewaarschuwd geen rijtuig te nemen, omdat hij daarbij 'in den avond voor een zeer ongunstig finantieel resultaat [was] gekomen'. Vader Van 't Hoff had hier op een apart briefje nog aan toegevoegd: 'Attentie bij het

huren van Rijtuig vooral des avonds vóóraf accorderen.¹¹ Na dus met de ferry van Hoboken naar Manhattan te zijn overgestoken, wandelden ze naar het Savoy Hotel aan Fifth Avenue vlak bij Central Park. Daar was het even wennen aan de manier waarop de kranen werkten en de gordijnen, die pas ‘na eenige proefneeming’ open en dicht gingen. Verder kwam het hotel hen erg luxe voor, en omdat ze geen menukaart konden vinden of andere prijsaanduiding hielden ze het de eerste avond maar bij een kopje thee. De volgende twee dagen waren bestemd voor sightseeing, een wandeling door Central Park (‘mooier dan de Tiergarten’) en over Fifth Avenue langs een aantal monumenten en de dag erna over de Brooklyn Bridge (‘heeft iets eenig elegants, hangt aan vier staaldraden, als koorden in de verte, niet eens zoo heel dik en gedragen door twee pijlers. De spoor rijdt erover, de menschen wandelen daarnaast, nagenoeg in de open lucht met een vergezicht naar den haven met de “Statue of Liberty” en de zee’). Ze werden hierbij begeleid door Miss Margaret Maltby, een Amerikaanse natuurkundige die Van ’t Hoff in Göttingen had leren kennen, waar zij bij Nernst was gepromoveerd. Later had ze ook nog bij Friedrich Kohlrausch geleidbaarheidsmetingen gedaan. Sinds haar terugkeer in de vs was ze ‘instructor’ geworden aan het Barnard College, een met Columbia University gelieerd college voor vrouwelijke studenten.¹²

Op 4 juni namen Van ’t Hoff en zijn vrouw de trein naar Baltimore, waar er voor het eerst interesse was van de plaatselijke pers. In een interview liet Van ’t Hoff weten: ‘dat het landschap tussen New York en Baltimore hem heel erg deed denken aan Nederland, terwijl Baltimore erg op een Duitse stad leek’.¹³ Een tegenvaller was een telegram uit Chicago, waarin Nef hem meedeelde dat hij op 16 juni voor twee weken verwacht werd voor het bijwonen van de feestelijkheden en het geven van acht tot tien lezingen.¹⁴ Daarmee zou het geplande programma met bezoeken aan een aantal toeristische attracties en het verblijf in Cambridge in het gedrang komen, zo niet onmogelijk worden. Gelukkig nam Richards het op zich om een en ander met Nef te regelen, want Van ’t Hoff moest op tijd voor de plechtigheden op Harvard zijn: ‘omdat ook wij hem een eredoctoraat willen toekennen, dat hij wel persoonlijk in ontvangst moet komen nemen’.¹⁵ In Baltimore kreeg Van ’t Hoff een stadsrondrit onder begeleiding van zijn oud-leerling Harry Jones en werd hij door Ira Remsen ontvangen. Die was na een promotie in Duitsland in 1876 hoogleraar scheikunde geworden aan Johns Hopkins University, en daar net benoemd tot president. Hij verwelkomde zijn buitenlandse gasten met een speech ‘waaruit ik mij nog “really great” herinnerde, en die ik zoo goed dat ging beantwoordde’. De ontvangst werd gevolgd door een lunch met de verzamelde hoogleraren, die evenwel bij de Nederlandse gasten niet echt in de smaak viel: ‘Het eten was echt Amerikaansch, vermoed ik, en de specifieke Amerikaansche dingen vond ik niet zoo bijzonder, grapefruit niet, tomaten niet, krab niet.’



Groepsfoto gemaakt tijdens het bezoek van Van 't Hoff aan Cornell University. Van 't Hoff's oud-medewerker Wilder Bancroft zit aan zijn rechterzijde.

De volgende twee dagen (6-7 juni) waren bestemd voor Washington DC, met een bezoek aan het Capitool en de Library of Congress (die volgens Jenny van binnen 'iets te rijk geornamenteerd was'¹⁶), een ritje in een rijtuig ('een angstige financiële onderneming' vanwege de ervaringen van zijn neef) naar de Smithsonian Institution, en ten slotte een bezoek aan Mount Vernon, de buitenplaats van George Washington. Daarna stond een lange treinreis op het programma, eerst terug naar Philadelphia om vervolgens met de Lehigh Valley Railroad, dwars door de Blue Mountains in Pennsylvania naar het noordelijk gelegen Ithaca te rijden, waar hij Bancroft en diens universiteit Cornell zou bezoeken. De bergachtige streek waar ze doorheen reden stond bekend om zijn antracietmijnen ('black diamond') en had daarmee aan de wieg gestaan van de industriële revolutie in de Verenigde Staten. Het natuurschoon beviel Van 't Hoff zeer, maar toen hij samen met zijn vrouw een wat langere wandeling maakte, kwam hij erachter dat de natuur in de Verenigde Staten heel anders was dan in Duitsland:

Er waren echter geen zijpaden om op terug te gaan, geen banken om op te rusten, en zoo ging het verder en hooger en de schemering viel. Hopende een teruggaand zijpad te vinden, werd het, bij afwezigheid van eenig verkeersteeken, of menselijk wezen, mij toch al te romantisch en keerden wij langs denzelfde weg terug. Blijkbaar mist de Amerikaan het

specifiek Duitsch gevoel voor natuurschoon, waardoor elk mooi stukje gezellig wordt gemaakt door een aanwijzing en zitje, een Gastwirtschaft, wegen en paden. Niets van dit al.

Dat ook in Ithaca het natuurschoon iets 'ungemütliches' had, ontdekten ze toen ze na een bezoek aan de universiteit samen met Bancroft ('in perpetueel sportcostuum met korten broek en lage schoentjes') een tochtje per rijtuig maakten naar een plaatselijke waterval, de Taughannock Falls, 'volgens de Baedeker hooger dan de Niagara', en vast kwamen te zitten. Pas na veel duw- en trekwerk, waarbij het wagentje zelfs over een waterleidingbuis moest worden getild, werd de waterval bereikt.

Op 11 juni vertrokken ze opnieuw met de Lehigh Valley Railroad van Ithaca naar Buffalo waar ze tegen de avond arriveerden. Een grote teleurstelling was het hotel daar, waarvoor 7 dollar per nacht¹⁷ (zonder ontbijt!) diende te worden neergeteld. Daar kwam nog bij dat een kelner bij het avondeten 'tot overmaat zei dat wij zeker pas in Amerika kwamen en zeker niet wisten dat men, om wat grootere porties te krijgen, een fooitje gaf. Bij Papa zou het allicht tot een kleine uitbarsting zijn gekomen.' Ter plekke werd besloten een ander hotel te zoeken, en de kamer 'vrij te maken voor een ander slachtoffer'. Reisdoel was de Pan-American Exposition, die van mei tot november dat jaar in Buffalo werd gehouden. De Van 't Hoff's konden er met allerlei aspecten van het leven en de geschiedenis van de Verenigde Staten kennismaken, zoals versteende boomstammen uit het Petrified Forest in Arizona of 'oude cu-



**PAN-AMERICAN
EXPOSITION,**
BUFFALO, N. Y.,
MAY 1—NOVEMBER 1,
1901.

Copyright, 1901, by The Statler Hotel Company.

ELECTRIC TOWER.

THE pleasure of a visit to the Pan-American Exposition and Niagara Falls may be greatly increased by providing, in advance, comfortable and conveniently located hotel accommodations for yourself and friends.

No other hotel in the city is so well located for Exposition visitors as

**STATLER'S
PAN-AMERICAN
HOTEL**

—the largest in the world. Reservations may now be made for any period during the Exposition, thereby avoiding the loss of time, inconvenience and worry of securing quarters in an overcrowded city.

Secure Your Hotel Accommodations NOW.

44.



**STATLER'S
PAN-AMERICAN HOTEL**
BUFFALO, N. Y.

2,100 SLEEPING ROOMS—ACCOMMODATIONS FOR 5,000.

Statler's Pan-American Hotel, beautifully located on Elmwood Avenue, WITHIN ONE BLOCK OF THE MAIN ENTRANCE to the Exposition, and but eighteen minutes' ride by the electric cars from the heart of city, is THE LARGEST HOTEL (in number of rooms) ever constructed. It is but three stories high, plastered on the inside, and covered with ornamental staff on the outside, making it semi-fireproof. Every room an outside room, well lighted and ventilated.

You can be sure of first class accommodations in the most beautiful part of Buffalo, RIGHT BY THE MAIN GATES TO THE EXPOSITION, if you engage your quarters NOW.

Rates and further information on pages 6 and 7.

SECURE YOUR HOTEL ACCOMMODATIONS NOW.

Brochure van Statler's Pan-American Hotel in Buffalo dat Van 't Hoff en zijn vrouw te duur vonden.

riosa, zoals een opgegraven nederzetting met geraamten. Ook maakten ze er kennis met de oorspronkelijke bewoners van het continent ('Mooi zijn deze menschen niet, ook zonder de bekoring van de natuurwildheid; groote, hoekige gezichten, met harde trekken, afschuwelijk beschilderd, mannen en vrouwen zoowat eender'). Van 't Hoff's aandacht ging echter vooral uit naar de Electric Tower, waar de elektrische generatoren stonden die met waterkracht van de Niagara-watervallen werden aangedreven en de gehele tentoonstelling van elektrisch licht en stroom voorzagen. Toen ze 's avonds in een restauratie wat zaten te eten '[kroop] over het geheele terrein voor ons en in den toren het licht verder en het is ineens een electrisch verlichte nacht geworden [...]'. Een soort apotheose van elektrische betoovering en midden daarin blazen wij den aftocht want wij moeten nog een hotel zoeken.' Dat werd snel gevonden en bleek de helft goedkoper en bovendien 'uitmuntend georganiseerd'.

Op 13 en 14 juni stonden de Niagara-watervallen op het programma, die opnieuw per trein werden bereikt. Allereerst werd het gehele terrein rond de Falls te voet verkend, inclusief Goat Island dat midden in de rivier tussen het Canadese en Amerikaanse gedeelte van de watervallen in ligt. Daarna was het tijd voor de ook nu nog bekende toeristische attracties als een tochtje met de Maid of the Mist ('in zuidwester, jas en broek') en de dag erna de Cave of the Winds, die zich aan de achterkant van de watervallen bevindt (en waar men 'werd verzocht zich uit te kleeden tot op de huid en een geheel watercostuum aan te doen'):

Steeds wordt het natter, winderiger, en onherbergzamer; eindelijk brengt een brugje [je] naar een smal steenen pad en vandaar naar een tweeden brugje, waar alle contact met de buitenwereld verloren gaat. Oorverdoovend waterlawaai, storm en slagregen, zoodat niets te zien is. Het is alleen nog de vastgehouden hand, die den weg wijst. Ik kan niet ademen ook. Toch schijnt dit het mooiste punt te zijn, de gids gaat namelijk zeer langzaam, wordt gelukkig door Jenny voortgeduwd, zoodat we niet al te lang als onder water blijven, ik geloof niet dat men bij verdrinking heel veel meer ondergaat.

Na deze buitengewone ervaring gingen ze nog een stukje stroomafwaarts, naar de Rapids, maar toen was het echt tijd om 's avonds de trein weer te pakken voor de laatste etappe naar Chicago.

Chicago en Boston

In de dagen voorafgaand aan de aankomst in Chicago was Van 't Hoff zich meer en meer zorgen gaan maken over de verplichtingen waar hij zich voor gesteld wist: naast het bijwonen van de plechtigheden, waar hij natuurlijk

een aantal keren diende te speechen, was er vooral ook de verantwoordelijkheid voor het geven van zijn lezingen, wat hij bovendien had toegezegd in het Engels te zullen doen. Daar kwam nog bij dat ze weinig contant geld meer hadden, omdat men in Buffalo geen postwissels accepteerde. Het stemde hem allemaal wat zorgelijk. Maar na aanblik van de kamers en het hotel dat Nef voor hen had geregeld '[was] het leed geleden'.¹⁸ De rest van het weekend besteedde hij aan het voorbereiden van zijn lezingen en speeches. Ook probeerde hij het begintijdstip van zijn lezingen wat naar voren te halen, opdat hij op de laatste dag voldoende tijd zou hebben om naar Cambridge te reizen. Maar dat stuitte op een veto van president Harper van de universiteit: 'Vervroeging bleek dan ook onmogelijk. Ten minste drong ik daarop niet verder aan en dacht tijd te winnen door het inkorten van den voordrachts-termijn. Deze verhandelingen waren niet aangenaam, maar Nef stond mij, op grond van de door hem geschreven brieven, bij en trachtte Harpers vorderingen [eisen] wat te beperken.' Overigens had Harper wel een punt. Van 't Hoff had namelijk toegezegd tot aan het eind van de feestelijkheden op 1 juli in Chicago te blijven.

De feestelijkheden begonnen op maandag 17 juni, 'Educational Day', met korte workshops gewijd aan de verschillende vakgebieden. Van 't Hoff maakte van de gelegenheid gebruik een inleiding te geven op de lezingen over fysische chemie die de dagen daarna zouden volgen.¹⁹ De dag werd voortgezet met een baseballwedstrijd. Van 't Hoff ontdekte toen pas wat baseball was, 'te Washington had ik een stoomboot vol dames zien vertrekken naar baseball en dacht natuurlijk dat dit een landelijken dans betrof ergens in de buurt; dit bleek nu anders'. Helaas verloor Chicago van Michigan University. 's Avonds was er het President's Dinner en een receptie. De volgende dag, 'Convocation Day', vonden 's ochtends de eigenlijke plechtigheden plaats: niet minder dan vijf eerstesteenleggingen – de universiteit beschikte blijkbaar over een flink budget en breidde enorm uit – die telkens werden begeleid door redevoeringen, terwijl het steeds warmer werd en Van 't Hoff's hooikoorts begon op te spelen. Gelukkig zette zijn hooikoortsaanval niet door, want vlak daarna kreeg hij zijn eredoctoraat uitgereikt, met een laudatio van de hand van Nef, dat werd uitgesproken door president Harper:

Jacobus Henricus van 't Hoff: u heeft een scherpe en logische geest, begiftigd met speculatieve en fantasierijke vermogens van de hoogste orde toegepast op chemische problemen. Stichter van de theorie die de ruimtelijke relaties van atomen en moleculen verklaart, [...] Een meester in het veld van de chemische dynamica: onderzoeker en briljante grondlegger op het gebied van de moderne theorie van de oplossingen, een theorie die een van de grootste ontwikkelingen vormt in de chemische wetenschap van de afgelopen 25 jaar.²⁰

Tijdens de diploma-uitreiking aan de studenten die het voorgaande jaar waren afgestudeerd was Van 't Hoff het grote aantal vrouwelijke studenten opgeval- len. Desgevraagd kreeg hij te horen 'dat men die bij voorkeur niet in functie ziet treden, maar trouwen met een geldmacht dien zij dan hebben te interes- seren voor de University'. Ten slotte was er de officiële viering van het tienja- rig bestaan in aanwezigheid van John D. Rockefeller. Het was dankzij zijn genereuze financiële steun geweest dat de universiteit tien jaar daarvoor was opgericht, wat deze in de wandeling de bijnaam Standard Oil University had opgeleverd. Rockefeller was er als geheelonthouder ook verantwoordelijk voor dat tijdens alle lunches en diners 'ons geen (atoom) alcohol werd aan- geboden'.

Alvorens gedurende vier dagen zijn lezingen te houden, werd Van 't Hoff woensdag nog rondgeleid door Chicago, 'een ongezellige, drukke stad, te volle straten, donker gemaakt door bovengrond banen, overal haast'. En hoewel het met de dag warmer werd, begon hij op donderdag 20 juni dan eindelijk met zijn eerste twee lezingen – gevolgd door twee per dag op vrij- dag, zaterdag en maandag, om op tijd klaar te zijn en naar Cambridge te kunnen afreizen. De lezingen begonnen om halfvijf's middags, zodat 'ik mij 's ochtends wel met voorbereidingen bezig [zal] hebben gehouden', al werd hij even goed weer door Nef meegenomen voor bijvoorbeeld een bezoek aan de Chicago Steelworks.²¹ Later schreef hij Arrhenius dat hij door president Harper 'keurig uitgezogen was':

Ik heb zo ongeveer alles verteld wat ik wist. Acht uur in vier dagen, altijd nog erger voor de toehoorders dan voor mij, die daar zeer zeker niet regel- matig heengegaan zou zijn als ik niet zelf een voordracht te geven had.²²

Dit onderstreept eens te meer dat het hem langzaamaan allemaal wat te veel was geworden. Maar de lezingen waren een groot succes. Ze werden niet alleen bijgewoond door studenten, maar ook door 'hoogleraren scheikunde en daar- aan gerelateerde wetenschappen uit een groot aantal staten van Amerika'.²³

Die waren gekomen om Van 't Hoff te horen spreken over toepassingen van de fysische chemie in de industrie, de fysiologie en de geologie. Na een inleiding van tweemaal een uur richtte hij zich achtereenvolgens steeds in twee lezingen op elk van deze drie gebieden. Voor de eerste twee ontleende hij voornamelijk voorbeelden aan zijn eigen zoutonderzoek in Berlijn. Zo kwamen natuurlijk de geologische thermometer ter sprake, alsook zijn be- vindingen over het gedrag van zoutoplossingen bij verschillende temperatu- ren en alternatieve methoden om de meest nuttige zouten af te scheiden. Zoals we in het voorgaande hoofdstuk zagen, werden die door de kali-industrie in Stassfurt niet overgenomen. Daarnaast presenteerde hij een studie naar het branden van gips, waarbij een deel van het kristalwater verdampt. Hij liet

zien dat dit net als veel andere processen in vaste stoffen wordt gekenmerkt door een welbepaalde overgangstemperatuur. Iets soortgelijks treedt ook op in tin, dat net het jaar daarvoor onderwerp was geweest van een uitgebreide studie van Cohen. Van 't Hoff had daar eerder dat jaar al een lezing over gehouden voor de Verein Deutscher Ingenieure in Berlijn.²⁴ De faseovergang in tin is ook de oorzaak van het verval van tinnen voorwerpen in musea, de zogeheten tinpest.²⁵ Samen met de processen die een rol spelen bij het maken van verschillende staalsoorten vormden deze drie materialen (tin, gips en staal) een mooie illustratie van de mogelijkheden die fysisch-chemische onderzoeksmethoden bieden in de techniek en de industrie.²⁶

In de twee lezingen over fysiologie viel hij veeleer terug op het Amsterdamse onderzoek naar de osmotische druk, en stond hij stil bij het werk van De Vries aan plantencellen, en dat van Hamburger en Donders aan rode bloedcellen. Nieuw was wel dat Van 't Hoff in zijn tweede lezing over fysiologie het nog grotendeels onontgonnen onderzoeksgebied van de enzymen behandelde. Blijkbaar was hij op dat moment al bezig met dit onderwerp waar hij vanaf 1908 zelf ook onderzoek aan zou gaan doen. Aan de hand van een aantal voorbeelden uit de literatuur illustreerde hij hoe enzymen – natuurlijke katalysatoren – werken, wat voor invloed ze hebben op evenwichten en hoe ze chemische reacties beïnvloeden. Hij eindigde met de voorspelling dat zich met de studie van enzymen en hun werking, in de toekomst een zeer rijk onderzoeksgebied zou openen naar de synthese van fysiologisch belangrijke verbindingen.²⁷

Na afloop van de lezingen waren er elke avond diners, bij de Duitse consul, de Nederlandse consul of de Chicago Academy of Sciences, hetgeen al met al een gruwelijk druk programma opleverde. En om op tijd in Cambridge te kunnen zijn, moest maandagavond laat de trein worden gehaald.²⁸ Dat lukte maar net, ook al leek de bagage het niet te hebben gehaald. De drukte van die dag en de niet aflatende warmte leidden tot een abominabele nacht in de trein: 'Het was in de bovenafdeeling snikheer en, bij openen van een venstertje, kwam meer stof dan lucht naar binnen; een naar "snuf"²⁹ ontwikkelde zich en ik was 's morgens "kaputt". Dan was er een gemeenschappelijke waschgelegenheid, niet zeer frisch, en ook het ontbijt knapte mij niet merkbaar op, [...] het niesen bleef aanhouden en ik gevoelde mij van uur tot uur minder presentabel worden.' Na een volle dag te hebben doorgereden, kwamen ze dan eindelijk dinsdagavond negen uur uitgeput in Boston aan. Daar namen ze op uitdrukkelijke uitnodiging van Richards en zijn vrouw hun intrek in diens huis: 'nooit vergeet ik het fleschje bier, dat daarna binnenkwam en in klein toilet werd genoten. Na een fameuze slaap was ik dan ook weêr geheel boven Jan.'³⁰

Dat kwam goed uit want de dag erna begonnen de *Commencement Festivities* alweer met opnieuw veel toespraken, diploma-uitreikingen, de

toekenning van de eredocoraten, waarbij Van 't Hoff werd geïntroduceerd als 'the greatest living physical chemist', en natuurlijk een uitgebreide lunch en diner:

Er werd geweldig gesproken; voor allen door Roosevelt, toen vice-president en gekomen in vervanging van McKinley, die door ongesteldheid van zich of zijn vrouw verhinderd was [...] Roosevelt liet tusschen de kort afgebroken zinnen door die met onovertroffen aplomb werden voortgeslingerd, de dubbele breede rij tanden zien, en had dan iets verscheurend dierachtigs.

Omdat Van 't Hoff vanwege zijn mogelijke afwezigheid niet in het officiële programma was opgenomen, kon hij 'rustig genieten'. En terwijl de temperaturen in die dagen tot recordhoogten opliepen – volgens krantenberichten was het met bijna 40 graden Celsius sinds dertig jaar niet meer zo heet geweest³¹ – werd de volgende dag (donderdag 27 juni) doorgebracht met een tour langs de hoogtepunten van Boston, waaronder de plaatselijke brandweer en de 'ondergrondse elektrische tram'. 's Avonds was er nog een afsluitend diner, 'waarbij wij nagenoeg in het donker zaten om geen lichtwarmte extra te hebben', met hoogleraren van de natuurwetenschappelijke faculteit van Harvard. Helaas had Willard Gibbs, die als speciale gast was uitgenodigd, zich hiervoor verontschuldigd. Omdat Richards een aanbod had ontvangen van de Universiteit van Göttingen, en Harvard bang was hem kwijt te raken, informeerde Charles Eliot, die naast president van Harvard zelf ook scheikundige was (en ook oom van de Engelse dichter T.S. Eliot), nog even bij Van 't Hoff of hij eventueel beschikbaar zou zijn. Zijn antwoord zal afwijzend zijn geweest.³²

Het laatste bezoek dat Van 't Hoff beschrijft bracht hem op het Harvard College Observatory, dat onder leiding stond van de astronoom Edward Pickering. Die had zich toegelegd op het nauwkeurig opmeten van de positie en de helderheid van sterren, maar was in de loop der tijd zo gefrustreerd geraakt door het gebrek aan concentratie van zijn mannelijke personeel, dat hij moet hebben uitgeroepen dat zijn Schotse huishoudster het beter zou doen, waarna hij zijn mannelijke 'computers' (rekenaars) en bloc ontsloeg en daarna alleen nog maar vrouwen aannam. Met hun nauwkeurige analyses van steropnames leverden zij een belangrijke bijdrage aan het inzicht in de evolutie van sterren.³³ Op het Observatory sprak Van 't Hoff met de betreffende huishoudster, Williamina Fleming, en werd hij door Pickering uitgebreid rondgeleid, maar 'gaandeweg frappeerde [hem] meer de ontzettend hoge temperatuur der dikwijls kleine lokaliteiten dan wat daarin wordt gedaan'. Hiermee eindigt de reisbeschrijving. Wat Van 't Hoff en zijn vrouw de laatste week hebben gedaan, alvorens op 6 juli terug te keren naar Rotterdam is onbekend.

In een interview met een lokale Berlijnse krant gaf Van 't Hoff na terug-

keer in Duitsland zijn visie op de positie van Amerikaanse universiteiten.³⁴ Wat hem eerst en vooral was opgevallen waren de middelen waar ze over beschikten en de kwaliteit van de inrichting van collegezalen en laboratoria. Hij refereerde ook aan de vijf ceremonies voor een eerstesteenlegging die hij had bijgewoond: vijf volkomen nieuwe gebouwen, allemaal mogelijk gemaakt door giften van rijke Amerikanen:

Er zijn zo veel Amerikanen die enthousiast hun idealen nastreven, terwijl men er volgens het gangbare beeld alleen maar 'dollarjagers' zou aantreffen.³⁵

Ook van het feit dat veel vrouwen de universiteit bezoeken, verwachtte Van 't Hoff veel voor de ontwikkeling van de wetenschap in het land. Hij voorspelde dat over vijftig tot honderd jaar de Verenigde Staten een belangrijke concurrent zouden vormen voor Europa op wetenschappelijk gebied. Zelf was het hem in Harvard het beste befallen, een universiteit 'volgens ons model en naar onze inzichten. Daar zweeft ook de ware geest der wetenschap en ik heb er inspirerende uren doorgebracht.'³⁶ Opvallend is nog zijn uitspraak, dat de Amerikaanse universiteiten met hun grote financiële steun elke Europese wetenschapper van naam naar Amerika zouden kunnen halen, 'maar het geld weegt niet op tegen het zich moeten losmaken van een wetenschappelijke omgeving, waaraan we hier nu eenmaal gewend zijn.'³⁷ Desondanks vond hij het jammer dat hij maar zo betrekkelijk kort in Amerika had kunnen verblijven. Het was dan ook niet verbazingwekkend dat hij al drie jaar later opnieuw de reis zou ondernemen.

Hij was gevraagd om een lezing te houden over fysische chemie op het International Congress of Arts and Science, van 19-25 september 1904. Deze conferentie was onderdeel van de Wereldtentoonstelling die dat jaar in St. Louis werd gehouden, en had als doel 'de samenhang tussen de verschillende kennisgebieden te benadrukken, en zo de harmonie en eenwording in de intellectuele wereld te bevorderen'.³⁸ Ook was Van 't Hoff verkozen tot erepresident van het American International Congress on Tuberculosis, dat begin oktober werd gehouden. Dit keer werd hij vergezeld door zijn oudste dochter Jenny, die net haar opleiding aan de Gartenbauschule had afgerond. Na aankomst in New York reisden ze eerst met de trein naar Newport, Rhode Island, waar ze werden ontvangen door Van 't Hoff's voormalige medewerker Wilder Bancroft, die daar geboren was. Bancroft bood hen een feestmaal aan met de lokale specialiteit, soft shell crab, maar dat weigerde Van 't Hoff, omdat hij deze op spinnen vond lijken.³⁹ In St. Louis verbleven ze in het huis van de industrieel Edward Mallinckrodt, die in 1867 samen met zijn twee broers, die inmiddels waren overleden, een uiterst succesvolle farmaceutiefabriek had opgericht.

Over het verblijf van Van 't Hoff en zijn dochter in St. Louis is niet veel bekend: 'De week was een zeer gevulde; letterlijk is geen half uur ongebruikt gebleven, hetzij om te eten, te rijden, tentoonstelling te zien, en soupers bij te wonen.'⁴⁰ In zijn lezing gaf Van 't Hoff een historisch overzicht van de rol die de fysische chemie had gespeeld bij het ontwikkelen van de ideeën over de atomaire en moleculaire eigenschappen van de materie en bij het creëren van inzicht in de affiniteit.⁴¹ Na afloop van de conferentie togen alle buitenlandse deelnemers – onder wie zijn vriend Wilhelm Ostwald die ook in St. Louis was geweest – naar Washington waar ze zouden worden ontvangen door president Roosevelt. Omdat ze op tijd moesten zijn voor de afspraak in het Witte Huis (een tocht van 36 uur met twee overnachtingen), reed de trein zo snel dat Van 't Hoff bang was bij een plotselinge stop tegen de wand aan geslingerd te worden. Daarom droeg hij Jenny op allerlei kussens en kleren neer te leggen om een eventuele klap op te vangen.⁴² Dat Van 't Hoff op dat moment echt bang was, blijkt ook uit het feit dat hij Ostwald liet zien dat hij een dunne capsule met natriumcyanide bij zich had – net als tijdens zijn eerste Amerikareis.⁴³ Bij aankomst in Washington was de bagage zo door elkaar geslingerd dat volgens Jenny alle geleerden er tijdens de ontmoeting met de president 'gekreukeld, vuil en verfrommeld' bij stonden. Behalve haar vader, want zij had in het hotel nog voor 7 dollar hun kleren laten strijken.⁴⁴ Ostwald was daar niet bij. Hij was tijdens een korte stop in Cincinnati op zoek gegaan naar een ontbijt en had het vertrek van de trein gemist.

Van 't Hoff was begin twintigste eeuw een van eersten uit Nederland die universiteiten in de Verenigde Staten bezocht en daar (in beperkte mate) verslag van deed. Hendrik Lorentz ondernam de oversteek zelfs driemaal (in 1906, 1921 en 1926) evenals Van 't Hoff's Amsterdamse collega Hugo de Vries (tussen 1904 en 1917). De Vries publiceerde wél uitgebreide verslagen van zijn ervaringen, net als later de Utrechtse botanicus F.A.F.C. Went en anderen.⁴⁵ Zonder uitzondering waren de Nederlandse wetenschappers onder de indruk van de rijkdom van de Amerikaanse universiteiten en van de toeloze energie waarmee het onderwijs en onderzoek er werden aangepakt. Toch toonden ze ook allemaal een zekere ambivalentie en verbaasden ze zich over de oppervlakkigheid van het onderwijs en de maatschappelijke gerichtheid van het onderzoek. Voor zuiver wetenschappelijk onderzoek was in die tijd blijkbaar nauwelijks plaats. Iemand als Ehrenfest zag dat als een tekortkoming, terwijl hij tegelijkertijd ook heel goed het belang inzag van een goede band tussen universiteit en industrie en andere sectoren van de maatschappij, al was het alleen maar vanwege de grote financiële steun die daaruit voortvloeyde.⁴⁶

Ook over het niveau van de Amerikaanse natuurwetenschap in de eerste jaren van de twintigste eeuw was men het eens: die stond nog in de kinderschoenen. Er waren maar weinig onderzoekers gepromoveerd, men publiceer-

de nauwelijks en theoretische verdieping ontbrak – de voornaamste reden om Lorentz uit te nodigen was dan ook om via door hem gegeven colleges in die lacune te voorzien.⁴⁷ Omgekeerd kwamen zoals we eerder zagen ook steeds meer onderzoekers naar de belangrijkste instituten en onderzoeksgroepen in Europa om daar ervaring en kennis op te doen. Eenmaal teruggekeerd zetten zij op hun beurt eigen onderzoeksgroepen op en geholpen door de emigratie die in de jaren dertig vanuit Europa op gang kwam, zouden zij ervoor zorgen dat veel eerder dan Van 't Hoff had ingeschat de Verenigde Staten Europa zou overvleugelen.

18

Een brief uit Stockholm

En nu mijn waarde zoon! Besteedt den Nobelprijs op nobele wijze!

– Moeder Van 't Hoff¹

Arrhenius praat zijn mond voorbij

Vanaf 1884 hadden Van 't Hoff en Arrhenius elkaar zo om de twee à drie maanden geschreven. Meestal ging het over hun onderzoek, maar naarmate beiden elkaars familie hadden leren kennen, werden de brieven ook persoonlijker. Maar wat Arrhenius op 13 november 1901 aan Van 't Hoff te melden had, was werkelijk ongekend en ook volkomen onverwacht:

Ik heb hierbij het grote genoegen mee te delen dat gisteravond de Zweedse Akademie van Wetenschappen de eerste Nobelprijs voor Chemie aan u heeft toegekend. [...] Dit wordt u onder strikte geheimhouding meegegeeld, opdat u in de gelegenheid bent om ter verhoging van de feestvreugde persoonlijk bij de prijsuitreiking in Stockholm op 10 december van dit jaar² aanwezig te kunnen zijn.³

Het kon dat jaar al helemaal niet op, want wat eerbewijzen aangaat was 1901 veruit het meest succesvolle jaar in de wetenschappelijke loopbaan van Van 't Hoff. Vier buitenlandse wetenschappelijke gezelschappen hadden hem tot lid benoemd,⁴ er waren hem vier eredoctoraten verleend, en een paar dagen vóór de brief van Arrhenius op de mat lag, was hij ook nog onderscheiden met de Maximiliaansorde voor Wetenschap en Kunst⁵ (de bijbehorende medaille was per post naar hem opgestuurd).⁶ In zijn antwoord aan Arrhenius klinkt hij dan ook bijna uitgelaten: 'Dat is toch werkelijk een geweldig bericht dat ik van u mocht ontvangen, en als mijn dagelijks werk me niet zo vertrouwd had gemaakt met evenwichtsvoorwaarden, dan zou ik onvoorwaardelijk mijn evenwicht verloren hebben.' Om vervolgens verder te gaan:

Het is ook zo overweldigend plotseling in het teken van het 'nut voor de mensheid' te staan, en men voelt zich bijna als een kleine Christus zonder een ophanden zijnde kruisiging. Ik zal al het menselijk mogelijke doen om mijn bakkes te houden.⁷

Uit de verwijzing naar het 'nut voor de mensheid' blijkt dat Van 't Hoff op de hoogte was van het bestaan van de Nobelprijs en de voorwaarden die eraan waren gesteld. De officiële aankondiging van de toekenning kwam pas een paar dagen later, in de vorm van een brief van de secretaris van de Zweedse

Akademie, Christopher Aurivillius.⁸ In zijn enthousiasme had Arrhenius zich blijkbaar niet kunnen inhouden en zijn mond voorbijgepraat. Ook Aurivillius onderstreepte nog eens dat de toekenning tot de daadwerkelijke uitreiking geheim diende te blijven.

Nadat Alfred Nobel, die een fortuin had vergaard met zijn uitvinding van het dynamiet, op 10 december 1896 was overleden, bleek tot verrassing van de erfgenamen dat hij het grootste gedeelte van zijn vermogen had bestemd voor een aantal prijzen 'voor hen die in het voorafgaande jaar van het grootste nut zijn geweest voor de mensheid'.⁹ Een prachtig initiatief, al zou het nog even duren alvorens de eerste Nobelprijzen werden uitgereikt. Nobel had de praktische uitvoering van zijn niet altijd heel scherp omschreven wensen volledig overgelaten aan twee executeurs-testamentair. Verder kwam al snel een aantal erfgenamen in het geweer tegen de bepalingen in het testament. Met hen werd pas in juni 1898 een compromis bereikt, maar toen waren alle discussies over de statuten, zoals de kwestie welke instituten welke Nobelprijs zouden toekennen, wat voor vergoedingen en ondersteuning ze daarvoor zouden krijgen, wie het recht kreeg om mensen te nomineren etc. nog in volle gang. Pas twee jaar later, op 29 juni 1900 werden de statuten en alle speciale regelingen goedgekeurd in een bijeenkomst van de Zweedse koning met zijn kabinet. Toen was het te laat om al datzelfde jaar tot een uitreiking te kunnen overgaan, zodat de eerste Nobelprijzen uiteindelijk in 1901 werden toegekend en uitgereikt.¹⁰

Aan de discussies rond de instelling van de Nobelprijzen was in de Nederlandse kranten regelmatig aandacht besteed. Zo werd er al vlak na de dood van Nobel driftig gespeculeerd over de grootte van de erfenis – ongeveer 31 miljoen kronen, hetgeen overeenkwam met 20 miljoen gulden – en wat er mee zou moeten gebeuren.¹¹ Ook werd in de maanden daarna gemeld dat de erfgenamen gerechtelijke stappen hadden ondernomen en werd later ook bericht dat er met hen een overeenkomst was gesloten. Toen pas kwamen ook voor het eerst de voorwaarden voor het krijgen van de prijzen en de verlenende instanties naar buiten. *De Telegraaf* van 23 september 1898 meldde dat 'volgens Nobel's testament van zijn nalatenschap een fonds gevormd [zal] worden, waaruit ieder jaar vijf prijzen van 200.000 kronen verdeeld [zouden] worden aan degenen, die in het afgelopen jaar de menschheid de grootste diensten heeft [sic] bewezen'. In de daaropvolgende maanden verscheen er zo af en toe een bericht over mogelijke kandidaten met name voor de Vredesprijs (Henri Dunant, de Russische tsaar) en die voor Literatuur (Tolstoj). Over de wetenschappelijke prijzen, die voor scheikunde, natuurkunde en geneeskunde, werd niet gerept.

Achter de schermen van het Nobelcomité

Na veel discussie was de toekenning van de Nobelprijs uiteindelijk een getrappt proces geworden, waarbij verschillende partijen een rol speelden. Allereerst

kwamen alleen hoogleraren verbonden aan universiteiten in Zweden en andere Noord-Europese landen¹² en Zweedse leden van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen in aanmerking om voordrachten te doen voor de prijzen voor natuurkunde, scheikunde en fysiologie/geneeskunde. Dat ook buitenlandse leden van de Akademie en eerdere Nobelprijswinnaars dit recht kregen, was te danken aan Arrhenius, op dat moment veruit de internationaal meest prominente Zweedse wetenschapper. Hij wilde voorkomen dat de toekenning van de prijzen een al te zeer binnenlandse aangelegenheid zou worden. In de eerste jaren van zijn wetenschappelijke loopbaan in Uppsala had hij immers aan den lijve ondervonden hoe belangrijk de invloed van buitenlandse collega's kon zijn om kleinstedsheid en een al te beperkte kijk op nieuwe wetenschappelijke ontwikkelingen te doorbreken.¹³ Dat zijn voorstel op brede steun kon rekenen, blijkt wel uit het feit dat in de uiteindelijke statuten werd vastgelegd dat elk jaar ook wetenschappers verbonden aan een reeks buitenlandse universiteiten zouden worden uitgenodigd.¹⁴ Welke universiteiten dat waren zou per jaar worden vastgesteld door het Nobelcomité, waarvan er voor elk deelgebied een werd ingesteld.

Dit Nobelcomité, waarvan de leden ook werden gekozen uit de Zweedse Akademie van Wetenschappen, diende alle nominaties met begeleidend commentaar te verzamelen en een voordracht te doen aan de Akademie. Die had het laatste woord, doordat de betreffende sectie (*Klass*) van de Akademie eerst de voordracht goedkeurde, waarna in een plenaire zitting het formele besluit over de toekenning werd bevestigd. Om de nominaties te kunnen evalueren zouden er ten slotte nog Nobelinstututen komen, onderzoeksinstituten verbonden aan de Akademie.¹⁵ Een lastige kwestie vormde de eis in Nobels testament, dat voor de scheikundeprijs 'de belangrijkste chemische ontdekking of verbetering' diende te worden bekroond en voor die van natuurkunde 'de belangrijkste uitvinding op het gebied van de fysica'. Maar wat er precies onder 'chemie' of 'fysica' werd verstaan, was niet duidelijk. Ook bij het oplossen van deze kwestie speelde Arrhenius een belangrijke rol. Hij wist voor elkaar te krijgen dat onder de betreffende definities 'niet alleen de theoretische aspecten van deze disciplines, maar ook de toepassing ervan op, en de oplossing van, problemen in daaraan gerelateerde onderzoeksgebieden' werden gerekend.¹⁶ De verwijzing naar interdisciplinaire gebieden was ongetwijfeld ingegeven door een zeker eigenbelang: hij zag de fysische chemie zeer ongaarne tussen wal en schip verdwijnen.

Zo gingen volgens de statuten op 22 september 1900 brieven uit naar hoogleraren en wetenschappers in de hele wereld en druppelden vanaf begin december de nominaties binnen. Toen eind januari 1901 de termijn sloot, waren er voor de scheikundeprijs in totaal twintig nominaties ontvangen. Elf daarvan waren voor Van 't Hoff, vier voor zijn Berlijnse collega Emil Fischer en drie voor Arrhenius, die daarnaast ook twee keer genomineerd

was voor de natuurkundeprijs. De nominaties weerspiegelden ook de voorkeuren binnen het Nobelcomité zelf. Johan Peter Klason van de Koninklijke Technische Hogeschool in Stockholm had Van 't Hoff genomineerd, zijn collega's in Uppsala en Stockholm, Cleve en Pettersson, hadden onafhankelijk van elkaar Van 't Hoff en Arrhenius *samen* genomineerd, terwijl Oskar Widman een voorkeur had voor Emil Fischer.¹⁷ Uitgerekend deze laatste had zelf Van 't Hoff voorgedragen, net als zijn Duitse collega Hans Landolt en de 'Engelse Ioniër' en corresponderend lid van de Zweedse Akademie, William Ramsay. Fischer legde met name de nadruk op het vermogen van Van 't Hoff om 'grote problemen experimenteel te behandelen', waarbij hij direct verwees naar het zoutonderzoek als 'voorbeeldig experimenteel onderzoek'.¹⁸ Ook Hans Landolt verwees, 'afgezien van zijn beroemde oudere onderzoekingen aan het asymmetrisch koolstofatoom en de door hem opgestelde leer van de osmotische druk', op Van 't Hoffs zoutonderzoek als een ongelofelijk ingewikkeld probleem dat 'met een grote inzet van scherpzinnigheid en uithoudingsvermogen' was opgelost.¹⁹ De meest uitgebreide verantwoording voor een nominatie kwam van William Ramsay, die zijn brief en begeleidende beoordeling noodgedwongen schreef aan boord van de ss Peninsular 'en route to Bombay', waar hij advies ging uitbrengen over de oprichting van een nieuwe universiteit, het Indian Institute of Science. Ondanks het feit dat hij aan boord geen toegang had tot wetenschappelijke literatuur, waarvoor hij zich in zijn brief verontschuldigde, gaf hij een uitgebreid overzicht van het werk van Van 't Hoff sinds 1874, om te concluderen dat:

Wat betreft de reikwijdte van zijn ideeën, de diepte van zijn inzicht en de invloed op de vooruitgang van het scheikundig onderzoek, komt mij voor dat er maar een is die recht heeft op deze erkenning. Waar anderen zich bekwame bouwers hebben betoond, en veel hebben bijgedragen aan de stabiliteit van het chemisch bouwwerk, heeft Van 't Hoff een revolutie teweeggebracht in de stijl van de architectuur.²⁰

Belangrijke steun voor Van 't Hoff kwam ten slotte uit Zürich waar niet minder dan vijf hoogleraren van de Eidgenössische Polytechnische Schule met hun handtekening onder een gezamenlijke brief de keuze voor Van 't Hoff steunden.²¹ Van hen was alleen Richard Lorenz, die de brief aan het Nobelcomité had geschreven, als elektrochemicus werkzaam op het vakgebied van de fysische chemie. Het lijkt er dus op dat hij zijn collega's heeft weten te mobiliseren om met een gemeenschappelijke voordracht te komen, hetgeen Van 't Hoff geen windeieren heeft gelegd. Interessant in dit verband is dat eerder dat jaar de Deutsche Elektrochemische Gesellschaft, waarvan Van 't Hoff dat jaar eerste voorzitter was, in Zürich zijn jaarlijkse conferentie had gehouden. Hij had daar blijkbaar een goede indruk achtergelaten. Een laatste opvallend punt is

dat John Nef, de motor achter Van 't Hoff's bezoek aan Chicago, hem niet had genomineerd, maar had gekozen voor Emil Fischer. Nu was Nef net als Fischer een organisch chemicus wat zijn keuze kan verklaren. Natuurlijk was Van 't Hoff zelf ook erg nieuwsgierig wie hem genomineerd had, en na terugkeer van de feestelijkheden in Stockholm vroeg hij Arrhenius daarover uitsluitel te geven.²² Die had er geen enkel probleem mee hem alle namen te geven, hetgeen opnieuw zijn loslippigheid illustreert.²³

Dat van de Ioniërs speciaal Arrhenius en Van 't Hoff in aanmerking kwamen voor een Nobelprijs, zal voor de meeste leden van het Nobelcomité geen verrassing zijn geweest, maar voordat zij een besluit konden nemen, dienden eerst twee vragen te worden beantwoord: wie van de twee moest de prijs als eerste krijgen en voor welke categorie kwam het werk van Arrhenius het meest in aanmerking? Voor de oplossing van deze kwesties boden de nominaties van Cleve en Pettersson een elegante uitweg.²⁴ Naar hun beider oordeel was de belangrijkste ontdekking van Van 't Hoff de analogie tussen het gedrag van ideale gassen en verdunde oplossingen, waarbij hij de osmotische druk in een oplossing als zijnde analoog aan de druk van een gas had beschouwd. Toepassing van de thermodynamica bracht hem tot 'zijn' wet $pV = iRT$, waarbij de factor i een empirisch bepaald getal was, karakteristiek voor iedere opgeloste stof.²⁵ Het was vervolgens Arrhenius geweest die het verband had gelegd tussen deze factor i en het aantal verschillende ionen in de oplossing als gevolg van de dissociatie van een zout of elektrolyt. Ook Van 't Hoff refereerde aan deze gang van zaken in zijn Nobellezing: 'Ik zou niet het plezier hebben gehad deze lezing te houden, als professor Arrhenius niet zou hebben laten zien wat de oorzaak was van deze uitzonderingen.'²⁶ Toch is geen gevolg gegeven aan de aanbeveling van Cleve en Pettersson om een gedeelde prijs aan Van 't Hoff en Arrhenius toe te kennen. Wellicht vond het Nobelcomité dat de toekenning van de allereerste Nobelprijs aan een Zweed zou afdoen aan het internationale prestige van de prijs, al geven de notulen van de vergaderingen hier geen uitsluitel over.

Volgens Arrhenius' biografe is de eigenlijke reden dat Arrhenius in 1901 werd overgeslagen het feit dat hij zelf had aangegeven dat hij niet de scheikundeprijs, maar die voor natuurkunde wilde hebben.²⁷ Zijn werk had weliswaar revolutionaire inzichten geboden op het gebied van de scheikunde, maar daarvoor had hij natuurkundige experimenten gedaan en ook natuurkundige theorieën toegepast zoals de thermodynamica. Verder was hij in zijn onderzoek naar met name kosmische verschijnselen steeds meer opgeschoven in de richting van de natuurkunde. Zijn allerbelangrijkste motief was echter dat hij zich nog altijd vernederd voelde door de natuurkundigen van de Universiteit van Uppsala, en dan met name door Robert Thalén, die zijn onderzoek had genegeerd en een slecht eindoordeel over zijn proefschrift had uitgesproken, waardoor hij niet in aanmerking was gekomen voor een

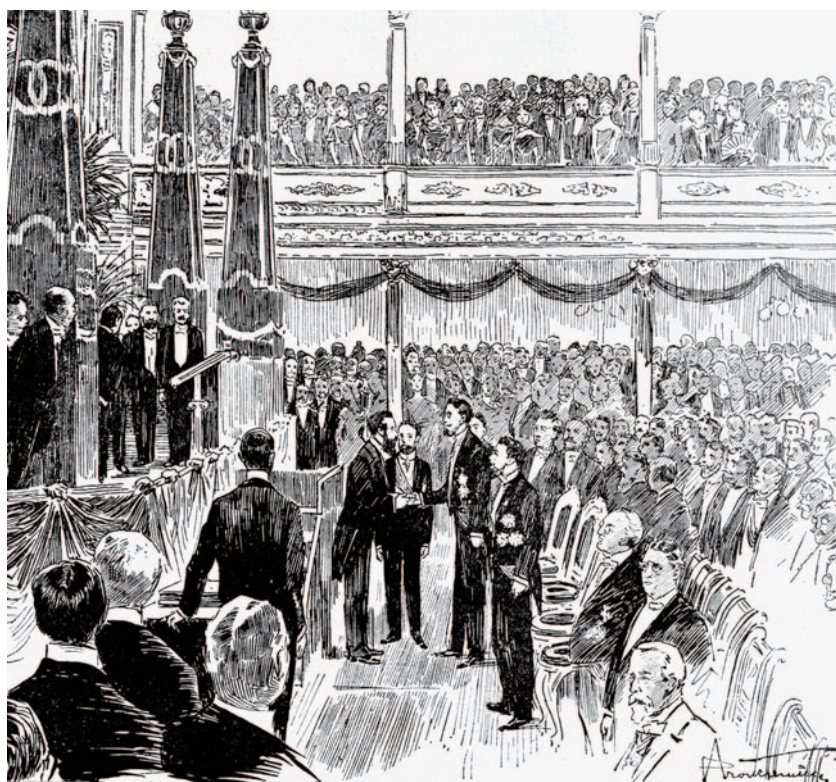
positie aan de universiteit.²⁸ Als lid van het Nobelcomité voor natuurkunde wist hij bovendien dat hij dat jaar op onvoldoende steun kon rekenen binnen de Akademie, vanwege de overweldigende meerderheid van de nominaties voor Wilhelm Röntgen en diens ontdekking van de naar hem genoemde stralen. Arrhenius besloot dus geduldig zijn kans af te wachten. Tekenend in dit verband is dat hij in de volgende twee jaar zijn lidmaatschap van het Nobelcomité voor natuurkunde formeel opschortte, vanwege zijn mogelijke eigen kandidatuur. In de praktijk wist hij echter precies wat er zich in het Nobelcomité afspeelde. Zo dankte hij Van 't Hoff begin februari 1902 voor diens nominatie, en vermeldde hij dat ook zes anderen hem voor de Natuurkunde- of de Scheikundeprijs hadden voorgedragen.²⁹

Voordat de Nobelprijs voor Scheikunde aan Van 't Hoff kon worden toegekend, dienden nóg twee kwesties te worden geadresseerd. Nobels testament maakte immers gewag van een specifieke 'chemische ontdekking of verbetering' die de prijs verdiende. Ook wat dit betreft hadden de nominaties van Cleve en Pettersson al een voorzet gegeven in de zin dat ze beiden hadden verwezen naar Van 't Hoff's artikel in de *Handlingar* uit 1886. De vraag was nu nog of dit onderzoek voldoende recent was. Maar met dat bezwaar maakte Arrhenius korte metten, onder verwijzing naar paragraaf 2 van de statuten, waarin vermeld was dat 'oudere onderzoekingen of uitvindingen alleen in aanmerking kwamen indien het belang ervan nog niet eerder was aangetoond'.³⁰ Wat betreft de eis dat het onderzoek 'tot nut der mensheid' was geweest, had Arrhenius vlak voordat het definitieve besluit was genomen nog een speciaal memorandum geschreven.³¹ Daarin maakte hij onder andere gewag van praktische toepassingen van de osmotische druktheorie op medisch en fysiologisch gebied en van het huidige werk van Van 't Hoff aan de *Salzablagerungen*. Daarin werd hij zoals we hierboven zagen volledig gesteund door een aantal nominaties.

De plechtigheden in Stockholm

Arrhenius had zowel Van 't Hoff als zijn vrouw uitgenodigd om de plechtigheden en feestelijkheden op en rond 10 december in Stockholm bij te wonen en bovendien aangeboden dat zij bij hem thuis konden verblijven.³² Helaas moest Jenny verstek laten gaan, vanwege 'de niet erg gunstige tijd van het jaar' en omdat de kinderen al twee weken geplaagd werden door ziektes.³³ Daarom vertrok Van 't Hoff 's avonds 8 december alleen vanaf het Stettiner Bahnhof in Berlijn. Eerst ging hij met de trein naar Stralsund in het uiterste noorden van Duitsland, en vandaar naar het op het eiland Rügen gelegen Sassnitz vanwaar de boot vertrok naar het zuidelijkste puntje van Zweden in Trelleborg. Tijdens de overtocht was het weer slecht met een stevige noordenwind, wat veel passagiers niet goed bekwam.³⁴ Vanuit Trelleborg was het nog een lange treinreis naar Stockholm, waar hij maandagavond aankwam

en zijn intrek nam in het huis van Arrhenius. Net op tijd, want de volgende dag, 10 december, de sterfdag van Alfred Nobel, was de Högtidsdag waarop de officiële uitreiking zou plaatsvinden. 's Ochtends ontmoette Van 't Hoff de vertegenwoordigers van de Akademie en het Nobelcomité, en zijn medelaureaten. Dat waren voor natuurkunde Wilhelm Röntgen en voor geneeskunde de Duitser Emil von Behring, die een serum had ontwikkeld tegen difterie en tetanus. Met Röntgen kon Van 't Hoff Nederlands spreken, omdat deze een Nederlandse moeder had en tot zijn twintigste in Apeldoorn en Utrecht had gewoond – van 1862 tot 1865 nota bene in het gezin van Jan Willem Gunning.³⁵ De winnaar van de Nobelprijs voor Literatuur, de Franse dichter Sully Prudhomme, moest om gezondheidsredenen verstek laten gaan.



Tekening van de uitreiking van de Nobelprijzen op 10 december 1901 uit het Duitse tijdschrift Die Woche. Afgebeeld is het moment waarop Röntgen de prijs in ontvangst neemt uit handen van kroonprins Gustaf Adolf. Van 't Hoff staat rechts van de kroonprins aan het eind van de rij lege stoelen.

's Avonds begon om zeven uur de plechtigheid in de grote zaal van de Koninklijke Akademie voor Muziek met de uitvoering van een feestouverture van de Zweedse componist Ludvig Norman, gevolgd door een toespraak van de

president van de Nobelstichting, de voormalig premier van Zweden Erik Gustav Boström, over de achtergrond en bedoeling van de Nobelprijzen. Na opnieuw een stukje muziek, ditmaal van een mannenkoor, was het tijd voor de uitreikingen, die geschiedden in de volgorde natuurkunde, scheikunde, geneeskunde en literatuur. Voor de eerste twee hield de voorzitter van de Koninklijke Akademie en rijksarchivaris Clas Theodor Odhner een korte inleiding, waarna hij voor elk van de laureaten een laudatio uitsprak, alles eerst in het Zweeds, en daarna in het Duits. Van 't Hoff werd de prijs toegekend:

op grond van zijn baanbrekende werk aan de osmotische druk en de chemische dynamica. Door zijn onderzoekingen op het gebied van de atoom- en molecuultheorie, heeft Van 't Hoff voor de theorie van de scheikunde de belangrijkste ontdekkingen gedaan sinds de dagen van Dalton.³⁶

Na deze woorden werd Van 't Hoff door Odhner naar kroonprins Gustaf Adolf van Zweden geleid, die hem een hand gaf en hem in het Duits gelukwensde. In een interview na terugkomst in Nederland vertelde Van 't Hoff dat de kroonprins hem had verteld dat hij in de jaren zeventig in Amsterdam had gewerkt.³⁷ Nadat Van 't Hoff het Nobeldiploma was overhandigd (met ingesloten 'mandaat' voor het geld),³⁸ kon hij weer gaan zitten.³⁹ Nadat alle prijswinnaars zo aan bod waren gekomen, werd de plechtigheid om negen uur afgesloten met koorzang en een uitvoering van een mars die de Zweedse componist August Söderman had geschreven op een Zweedse vertaling van Schillers *Jungfrau von Orléans*.

Hierna trok het hele gezelschap naar het Grand Hôtel, waar een souper plaatsvond voor driehonderd personen, onder wie een groot aantal ministers en andere Zweedse hoogwaardigheidsbekleders. Het diner werd geopend met een toast ter ere van de Koning, gevolgd door vier hoera's. Na een korte toespraak van de kroonprins, werd ter ere van elke laureaat een toast uitgesproken, in het geval van Van 't Hoff in het Frans door de voorzitter van het Nobelcomité, Cleve. Van 't Hoff beantwoordde deze in het Duits, naar hij zelf zei 'omdat ik het niet collegiaal vond om mij van mijn Duitse confraters af te zonderen'.⁴⁰ Het zal de aanwezigen goed hebben gedaan dat hij in zijn dankwoord met name de bijdragen aan zijn onderzoek van drie Zweedse wetenschappers betrok, Cleve, Pettersson en Arrhenius, 'die ik tot mijn genoegen hier bij mij in de buurt zie zitten', en op wier gezondheid hij voorstelde het glas te heffen.⁴¹ De dagen erna werden volledig in beslag genomen door recepties, een rondrit, lunches, diners enz. Op vrijdag 13 december hield hij zijn Nobellezing voor een publiek van wetenschappers, studenten en andere belangstellenden; dit was de enige eis die aan de toekenning was gesteld.⁴² Van 't Hoff gaf een kort, maar helder overzicht van zijn ontdekkingen, waarbij hij uitgebreid inging op het verschijnsel van de osmotische druk⁴³ en met

name het werk van zijn landgenoot Hugo de Vries en diens bijdragen noemde.⁴⁴ Ook de viscositeitsmetingen van Donders en Hamburger kregen een speciale vermelding.⁴⁵



Nobeloorkonde van Van 't Hoff.

Het was daarmee zo langzamerhand tijd geworden om terug te keren naar Berlijn. Zaterdag werd nog besteed aan ‘inkopen’, en zondagmorgen begon de lange treinreis terug. In de coupé las een medereiziger een krant met Van 't Hoff's Nobellezing, maar ‘hij hield het niet tot het einde vol, zodat hij de drukfout $\kappa = -A/2T^2$ wel niet gezien zal hebben’. Van 't Hoff vond dit toevallige samenzijn prachtig: ‘een krant waar mijn lezing in staat, ik zelf en een Zweedse heer die dan ook nog begint deze voordracht te lezen zonder dat wij ook maar iets van elkaar weten.’⁴⁶ Als gevolg van een flinke sneeuwstorm ‘misten we de sneltrein uit Stralsund, zodat we zo te zeggen met handaandrijving tegen drie uur thuis waren.’⁴⁷ Daar wachtte hem een enorme stapel brieven en telegrammen van collega's, familieleden en vrienden, maar ook van onbekenden, die zonder veel omhaal om financiële steun vroegen, bijvoorbeeld voor het opzetten van een mijnbouwonderneming in het Ertsgebergte, het voltooien van een studie of voor het afmaken van een manuscript waarmee de briefschrijver de Nobelprijs voor de Vrede van volgend jaar dacht te kunnen binnenhalen.⁴⁸ Dat het leven ook weer snel zijn gewone loop had genomen, toont een interview dat Van 't Hoff gaf aan Jan Koch, de Berlijnse correspondent van de *Nieuwe Courant*. Nadat hij op zijn werkkamer uitgebreid verteld had over de gebeurtenissen in Stockholm, werden Van 't Hoff

en de journalist gestoord door jongste zoon Goof: 'Pa, komt u binnen, het eten staat al op tafel.'⁴⁹ Wat in dit verband niet vergeten mag worden is dat de Nobelprijs nog allerm minst de statuur had die zij tegenwoordig geniet. Het was immers de eerste keer dat de prijzen werden uitgereikt. Dat de kranten in Nederland überhaupt melding maakten van de toekenning 'aan onze voormalige landgenoot'⁵⁰ zal veel te maken hebben gehad met het geldbedrag dat aan de prijs verbonden was, steevast weergegeven als 100.000 gulden, twintig keer het jaarsalaris van een hoogleraar. Van 't Hoff's Nobelprijs kwam ook niet ter sprake in de vergaderingen van de Akademie van Wetenschappen, ook al was hij na zijn vertrek naar Berlijn corresponderend lid gebleven. Pas toen het jaar erop Lorentz en Zeeman de Nobelprijs voor natuurkunde kregen, bracht de voorzitter 'hun de hulde en den dank der Afdeeling voor de wijze waarop zij ter eere der Nederlandsche wetenschap zijn werkzaam geweest'.⁵¹

Bijzonder waren de brieven die hij van zijn ouders ontving, nadat hij ze, in strijd met de eis van strikte geheimhouding, op Sinterklaasavond al het goede nieuws had verteld. Enigszins teleurgesteld dat zoonlief niet direct vanuit Stockholm naar Rotterdam was gekomen, maakten ze melding van 'de breede deelneming uit uw geboortestad' die natuurlijk ook op hen afstraalde.⁵² Moeder gaf ook aan met deze en gene wat te hebben gekibbeld. Zij vond 'dat het in de bedoeling van Nobel lag dat de door hem [...] uitgelooftde prijzen tot een wetenschappelijk doel zouden worden gebruikt' en had gezegd dat zij zich zou schamen 'als gij niet in dien geest handeltet, waarbij ik natuurlijk door de "geld-mannen" heftig werd tegengesproken'.⁵³ In een aparte bijlage bij haar brief ('Dit voor u alleen') kwam ze hier nog eens uitgebreid op terug:

waar gij (althans indien ik mij niet vergis) in de gelegenheid zijt u aan [de wetenschap] te wijden in den meest ruimen zin van het woord, heb ik meer dan ééns gezegd, dat ik hoopte dat toch ook voor u die gelegenheid zou worden opgezocht, want dat ik mij schamen zou als gij het geld eenvoudig gebruiken zoudt om er uzelf en uwe kinderen door te verrijken. Dat ik dit zelfs voor u en hen betreuren zou.⁵⁴

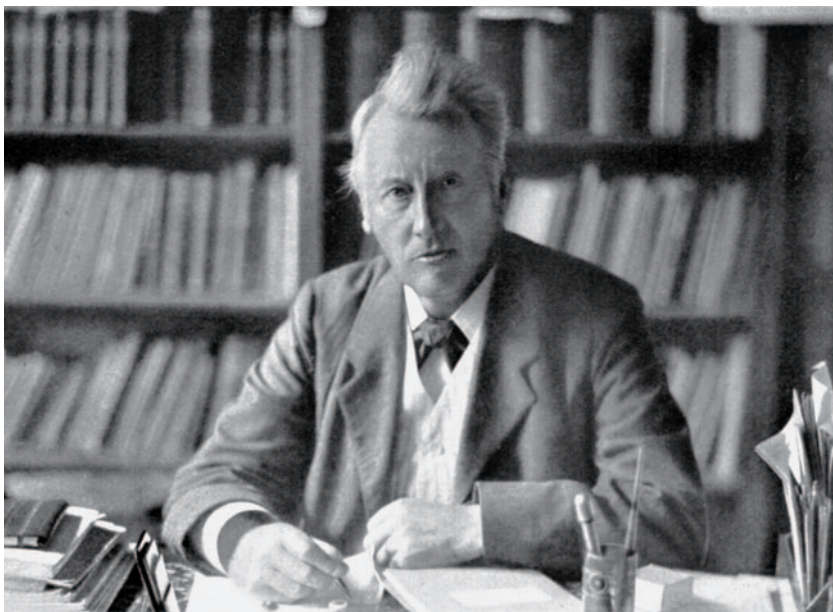
In haar brief gaf ze aan dat het voor haar en haar echtgenoot altijd een streven was geweest om hen 'voor wie de "struggle for life" te zwaar was of dreigde te worden, tegemoet te komen. [...] Ik zal hier meê voortgaan zoolang ik leef, al ben ik hierin nu meer beperkt dan vroeger; waar dit noodig was, gebruikten we een gedeelte van ons kapitaal voor dit doel.'

Wat Van 't Hoff niet wist, is dat er vlak na de toekenning enige ophef was ontstaan in Frankrijk, als gevolg van een ingezonden brief aan de krant *Le Siècle*. De brief was afkomstig van Clémence Royer, een Franse autodidact en feministe, die zich als onafhankelijk geleerde profileerde op zo verschil-

lende gebieden als de economie, filosofie en natuurwetenschap, en die in 1862 enige bekendheid had verworven met haar vertaling van Darwins *On the origin of species*. In haar brief vermeldde ze dat Van 't Hoff de Nobelprijs was toegekend 'als uitvinder van de stereochemie oftewel chemie in de ruimte'.⁵⁵ Zij beweerde al in 1859 'toen de heer Van 't Hoff nog geen acht jaar oud was', over ruimtelijke chemie les te hebben gegeven en bovendien een aantal keren artikelen hierover te hebben ingediend bij de Académie des Sciences, die overigens geen van alle waren gepubliceerd. Hierna was nog een reeks van lezingen gevolgd waarin ze ook dergelijke theorieën had verkondigd, waarna ze eindigde met de woorden: 'De jury van de Nobelprijs had dus kunnen weten dat de heer Van 't Hoff niet als eerste de geometrische chemie heeft uitgevonden. Ook al heb ik nooit de wetenschappelijke term "stereochemie" gebezigd, heb ik tenminste dan toch dit onderwerp eerder dan hij verkondigd.'⁵⁶

Van 't Hoff verkeerde aanvankelijk in zalige onwetendheid over deze brief, ook al haalde Royers brief *Le Figaro* en besteedde in elk geval één Nederlandse krant er aandacht aan. De schrijver van dat laatste artikel sloot af met de op zich terechte, zij het ook weer niet helemaal juiste opmerking dat Van 't Hoff 'den Nobelprijs niet qua ontdekker van de stereochemie had verworven, maar wel als schrijver van een boek over het chemisch evenwicht'.⁵⁷ Pas op 14 januari kreeg Van 't Hoff te horen over deze 'ophef', toen een redacteur van de *Chemiker Zeitung* er in een brief aan hem melding van maakte.⁵⁸ Nadat Van 't Hoff gevraagd had om een kopie van het artikel uit *Le Siècle*, vroeg de redacteur hem om de letterlijke tekst van de toekenning van de Nobelprijs. Hij zag het namelijk als taak van de vakpers om dergelijke ongefundeerde claims tegen te spreken.⁵⁹ Of Van 't Hoff hem geantwoord heeft, is onbekend. In elk geval heeft hij nog een brief geconcipteerd aan de redactie van *Le Siècle*, waarin hij 'om misverstanden te voorkomen' uiteenzette dat hij de Nobelprijs *niet* had gekregen voor de stereochemie. Hij legde keurig uit dat hij dáárvor samen met Le Bel de Davy Medal van de Royal Society had gekregen en ook tot Ridder van het Légion d'Honneur was benoemd. Dat laatste voegde hij ongetwijfeld toe om indruk te maken. De Nobelprijs, zo ging hij verder, was hem toegekend voor zijn onderzoek op het gebied van de chemische dynamica en de osmotische druk van verdunde oplossingen.⁶⁰ Waarschijnlijk heeft hij zijn brief nooit verstuurd; in elk geval is deze nooit gepubliceerd. Misschien vond iedereen de kwestie toch niet belangrijk genoeg en was voor hem, en blijkbaar voor iedereen, het sop de kool niet waard. Clémence Royer overleed drie weken later.⁶¹

In de jaren hierna zou Van 't Hoff nog verscheidene malen collega's nomineren voor een Nobelprijs.⁶² Zowel in 1902 als in 1903 probeerde hij Arrhenius de door hem zo begeerde Natuurkundeprijs te bezorgen. In 1902 legde hij het



Van 't Hoff in zijn werkkamer in Berlijn rond 1901.

af tegen Van 't Hoff's landgenoten Lorentz en Zeeman. Het jaar erna – waarin Van 't Hoff hem voor de zekerheid zowel voor Natuurkunde als voor Scheikunde had genomineerd – haalde hij weliswaar iets meer stemmen binnen dan Henri Becquerel en Pierre en Marie Curie, maar was zijn voorsprong op zijn concurrenten voor de Scheikundeprijs dusdanig, dat hem deze werd toegekend. Ook in 1904 had Van 't Hoff een goede hand van kiezen met een scheikundeprijs voor Ramsay en een natuurkundeprijs voor Lord Rayleigh (voor hun ontdekking van de edelgassen, in het bijzonder argon), terwijl in 1909 Ostwald, die hij ook het jaar ervoor al had genomineerd, er met de Scheikundeprijs vandoor ging. Zo hadden binnen tien jaar de drie grondleggers van de fysische chemie en hun vertegenwoordiger in het Verenigd Koninkrijk hun prijs te pakken, een ongekennde waardering voor een nog zo jong vakgebied. Nominaties voor een van zijn vroegste supporters, zijn oude Berlijnse collega Hans Landolt, bleven vruchteloos, net als die voor Dimitri Mendeleev. Ook een poging om de Deutsche Chemische Gesellschaft voor de Nobelprijs te nomineren, waar Van 't Hoff op dat moment nota bene zelf de president van was, werd door Arrhenius in de kiem gesmoord, ook al was deze de maand ervoor nog tot erelid benoemd.⁶³

Arrhenius en het Nobelinstituut voor Chemie

Zoals hiervoor beschreven zouden in Zweden speciale Nobelinstituten worden opgericht om het beslissingsproces over de toekenning van de Nobel-

prijzen te ondersteunen. Arrhenius was vanaf 1895 als hoogleraar natuurkunde verbonden geweest aan de Högskola in Stockholm, maar voelde veel voor een 'eigen' instituut en had dus zijn zinnen gezet op het directeurschap van het Nobelinstituut voor Chemie. Nu was hij in oktober 1904 ook genoemd als mogelijke opvolger van Landolt in Berlijn. Maar toen hij daar diezelfde maand nog over kwam praten op het ministerie, bleek dat Ministerialdirektor Althoff een veel beter aanbod voor hem had, namelijk een Akademiehoogleraarschap analoog aan dat van Van 't Hoff. Terug in Zweden informeerde Arrhenius bij Van 't Hoff naar de financiële voorwaarden van diens positie, waarbij hij aangaf dat inlichtingen hierover hem 'in de onderhandelingen hier [in Stockholm] van pas zouden kunnen komen'.⁶⁴ En zo geschiedde. Arrhenius schermde met het lucratieve aanbod uit Berlijn, waarna de Zweedse Akademie van Wetenschappen te kennen gaf bereid te zijn in te gaan op zijn eisen en hem aan te stellen als directeur van het Nobelinstituut voor Chemie. Eind november liet Arrhenius dan ook aan Althoff weten af te zien van diens aanbod.⁶⁵ Tegenover Van 't Hoff ging hij nog wat verder: 'Zonder Althoffs machtige hulp was het Nobelinstituut nog minstens tien jaar onder de sneeuw begraven geweest'.⁶⁶

Maar Arrhenius had zich iets te vroeg rijk gerekend. Hij had namelijk niet alleen vrienden binnen de Zweedse Akademie en zijn tegenstanders roken bloed. De astronoom Bernard Hasselberg en de wiskundige Gösta Mittag-Leffler voelden zich overvallen door de manier waarop Arrhenius zijn benoeming erdoor had weten te drukken en zij deden allebei navraag bij de secretaris van de Pruisische Akademie, Auwers.⁶⁷ Die liet hierop weten dat er helemaal geen concreet aanbod aan Arrhenius was gedaan, dat er sowieso op dat moment geen open positie was in de Akademie, en helemaal dat de middelen ontbraken om een Akademiehoogleraarschap te creëren.⁶⁸ En om het allemaal nog wat erger te maken kwam er ook nog een brief van Hermann Vogel, de directeur van het observatorium in Berlijn, waarin deze te kennen gaf dat Arrhenius weliswaar een uitstekend fysisch chemicus was, maar dat hij op grond van zijn kosmologische onderzoeken nooit tot lid van de Pruisische Akademie gekozen zou worden. Nadat dit in de Zweedse Akademie bekend was geworden, werd Arrhenius gedwongen om 'van een of meer betrouwbare personen' bevestigd te krijgen dat er van een reëel aanbod wel degelijk sprake is geweest.

Daartoe riep hij de hulp in van Van 't Hoff.⁶⁹ Die richtte zich in een vertrouwelijk schrijven tot de Akademie en stak Arrhenius tegelijk een hart onder de riem: zelf had hij immers ook al eens in een soortgelijke situatie verkeerd, die uiteindelijk 'volledig was opgehelderd'.⁷⁰ Ook Emil Fischer schreef dat Arrhenius volkomen terecht 'zijn collega's alsook de koninklijke regering in Stockholm op de hoogte [had gesteld] van het aanbod'.⁷¹ Even was Arrhenius gerustgesteld, maar in het nieuwe jaar werd al snel duidelijk dat Hassel-

berg en Mittag-Leffler niet van opgeven wisten en de brieven van Auwers en Vogel als 'formele bewijsstukken' hadden ingebracht in de vergadering van de Zweedse Akademie. Arrhenius was buiten zinnen: 'En zo ben ik door de heer Vogel voor eeuwig als een onbetrouwbare zwetser in de notulen van mijn Akademie te kijk gezet.'⁷² Hij vroeg of Van 't Hoff en Kohlrausch, die beiden corresponderend lid van de Zweedse Akademie waren, hem geen verklaring konden bezorgen dat bij een eventuele stemming in Berlijn er wel degelijk een meerderheid voor hem zou zijn geweest, maar dat was voor Kohlrausch een brug te ver. Van 't Hoff kreeg nog wel gedaan dat Kohlrausch een brief ter ondersteuning van Arrhenius aan zijn Zweedse collega Bjerknes richtte,⁷³ en dat ook Vogels collega in Berlijn, de astronoom Otto Wilhelm von Struve het voor Arrhenius opnam. Die beide brieven zorgden ervoor dat ook Vogel na een persoonlijk gesprek met Van 't Hoff van mening veranderde en Hasselberg van zijn voortschrijdend inzicht op de hoogte stelde.⁷⁴ Arrhenius werd uiteindelijk per 1 oktober 1905 door de Zweedse koning benoemd tot directeur van 'zijn' Nobelinstituut. Eindelijk had hij waar hij zo lang naar had verlangd.⁷⁵

Een bezoek aan de Keizer

De Nobelprijs opende voor Van 't Hoff ook de deuren van het Keizerlijk Paleis in Berlijn. Op een maandagavond in februari 1902, zo rond een uur of vijf kwam een van de dienstboden aan Van 't Hoff melden dat er 'iemand van de Majestät' op de stoep stond, met een uitnodiging 'zur Abendtafel' bij de Duitse keizer.⁷⁶ Aangezien dat diezelfde avond om acht uur precies zou beginnen, was er even paniek. Snel werden nog nieuwe laklaarsjes gekocht, en op weg met het koetsje werd ook nog even een furniturenwinkel aangedaan voor een nieuw ordelint ('duur, klein oranje lapje 0,60 mark'). Nu was Van 't Hoff al wel eerder aanwezig geweest bij belangrijke keizerlijke plechtigheden, zoals de begrafenis op 29 maart 1897 van groothertogin Sophie van Saksen-Weimar-Eisenach.⁷⁷ Zij was de enige dochter van de Nederlandse koning Willem II, die na de dood van de drie zonen van haar broer, koning Willem III, zelfs even de eerste troonopvolger was geweest in Nederland. Diezelfde maand was wat keizerlijke aangelegenheden aangaat wel heel uitzonderlijk geweest, want op 2 maart waren Van 't Hoff en Jenny voor het eerst uitgenodigd voor een keizerlijk bal⁷⁸ en 19 maart was Van 't Hoff aanwezig geweest bij de onthulling van het Nationale Gedenkteken ter ere van keizer Wilhelm I (de Grote).⁷⁹ Maar dit soort bijeenkomsten vielen natuurlijk in het niet bij de eer van een persoonlijk diner met de keizer en zijn familie.

Van 't Hoff was niet als enige uitgenodigd; ook Adolf Slaby, een Duitse pionier op het gebied van elektronica en de eerste hoogleraar op dat vakgebied in Berlijn, was aanwezig. Klokslag acht uur trad bijna de voltallige keizerlijke familie binnen, keizer, keizerin en kroonprins, samen met prins

Heinrich, een broer van de keizer. Natuurlijk feliciteerde de keizer Van 't Hoff eerst met zijn Nobelprijs en informeerde naar de plechtigheden: 'Ik gebruikte, om de goede verstandhouding met de Duitsche broederen te releveeren, de gelegenheid om mee te delen dat ik voor den prijs onder andere door de Duitsche collega's was voorgesteld.' Na een eenvoudig en snel maal ('soep, twee vleezen, zoetjes en vruchten') trok het gezelschap zich om negen uur terug in een naastgelegen salon. Net als tijdens het diner bleek de keizer uitstekend op de hoogte te zijn van nieuwe ontwikkelingen in de wetenschap, zoals de spectraalanalyse en de ontdekking van de edelgassen door Ramsay, van wie hij wel eens een lezing had bijgewoond en die hij 'een interessante man' vond. Tot verrassing van Van 't Hoff kwam net als tijdens het eten het noorderlicht ter sprake. De keizer bleek hierover tijdens een recent bezoek aan het observatorium in Potsdam veel gehoord te hebben en met name over de verklaring ervan door Arrhenius.⁸⁰ Blijkbaar was niet alleen zijn Nobelprijs, maar ook Van 't Hoff's vriendschap met Arrhenius reden geweest voor de uitnodiging, wat Van 't Hoff natuurlijk de dag erna in geuren en kleuren per brief aan zijn vriend liet weten: 'Ik heb mij dan ook over mijn enigszins indirecte betrekkingen met het noorderlicht verontschuldigd.'⁸¹

Vervolgens ontwikkelde zich een geanimeerd gesprek over allerlei wetenschappelijke en technische onderwerpen, waar de keizer opnieuw verrassend goed in onderlegd bleek te zijn: kunstmatige diamantbereiding, het gebruik van ozon voor de zuivering van water (waarbij Van 't Hoff hem liet weten dat zijn broer, die bij de Rotterdamse Drinkwaterleiding werkte, 'zich met dezelfde kunde bezighield'), toepassingen van spiritus in motoren en vuurtorenlampen, en vooral over het fabricageproces en de toepassingen van kunstzijde, waarover de keizer twintig minuten lang een verslag voorlas:

De Keizer was blijkbaar over dit procédé zeer begeistert en zeide dat het steeds zijn streven was Duitschland onafhankelijk te maken van de grondstoffen elders; zo hoopte hij door die kunstzijde de Fransche zijde en de Amerikaansche wol te kunnen missen en voegde eraan toe dat in het laatste geval Amerika wel meer bereid zou zijn tot aangaan van handels-traktaten.

De keizerin 'die evenals de andere dame, een handwerk deed', was minder enthousiast, 'zij geeuwde tweemaal' en verliet na de lezing het gezelschap. Zo liep de avond ten einde. De heren namen nog een sigaartje en er werd nog een nieuw vat bier aangeslagen (een 'frischer Anstich'), waarna de gasten om halftwaalf afscheid namen. Slaby en Van 't Hoff deelden een rijtuig terug naar huis en verwonderden zich er samen nog eens over hoe innemend en geïnteresseerd de keizer zich had weten te onderhouden. Intussen was het

gaan sneeuwen en ‘uit het rijtuig stappende in de Uhlandstrasse, gleed ik in de sneeuw op mijn “Lackstiefel” radikaal uit en zat plat op den grond met ordes en hooge hoed in maanverlichting’. Zo eindigde een memorabele avond op komische wijze.⁸²

19

Het kompas verloren

Het jaar was voor u en al de uwen een regt af weelderige periode. Met dat alles de betuiging van onze innige deelneming. Zij het volgend [jaar] in sommige opzichten niet zoo, dan hebt gij dat niet zoo vele slechts aan te vullen door de herinnering en een goed gebruik der ul. geschonken voorrechten. – Vader Van 't Hoff¹

Een enorm verlies

Begin december, na de toekenning van de Nobelprijs, had Van 't Hoff zijn broer Jacob nog geschreven 'dat 1901 wel mijn culminatie-jaar zou zijn geweest'.² En toen moest het bezoek aan de keizer in februari 1902 nog komen en werd hij ook nog uitgenodigd om in maart voor de Chemical Society in Londen de Raoult Memorial Lecture te houden. Dat hij daarvoor gevraagd was, had natuurlijk alles te maken met het feit dat hij als eerste een verklaring had gevonden voor de uitkomsten van Raoult's metingen van de vriespuntsdaling van oplossingen. In zijn lezing ging hij dan ook uitgebreid in op het werk van deze Franse chemicus, die bijna op de dag af een jaar daarvoor was overleden.³ De twee hadden elkaar nooit ontmoet en ook nauwelijks gecorrespondeerd, maar toch wist Van 't Hoff het werk van Raoult en het belang ervan voor zijn eigen onderzoek op een kundige manier te vervlechten met enige mooie details over diens leven, die hij in de weken ervoor had opgevraagd bij diens weduwe.⁴ Maar kort na zijn terugkeer uit Londen kwam op 16 april 1902 de grote klap, het plotselinge overlijden van zijn vader aan een longontsteking. Zijn ziekbed was zo kort geweest dat Van 't Hoff niet in de gelegenheid was geweest afscheid te nemen. Tot enkele weken voor zijn dood – hij stierf op 84-jarige leeftijd – had hij nog huisbezoeken afgelegd. Veel kranten in Nederland maakten melding van het overlijden van 'de nestor der Rotterdamsche medici'⁵ en 'een der meest geachte geneesheeren in Rotterdam'.⁶ Na in 1835 als scheepsheermeester te zijn begonnen, was hij na zijn huwelijk in 1848 in de Maasstad komen wonen en daar tot een zeer gerespecteerd huisarts uitgegroeid:

Een waardig vertegenwoordiger van de medici der oudere school, wiens sympathieke persoonlijkheid, eenvoud, toewijding aan de hem toevertrouwde belangen en groote werkzaamheid bij allen, die het voorrecht hadden hem nader te leeren kennen, in dankbare herinnering zullen blijven.⁷

Van 't Hoff zelf begeleidde twee dagen later het stoffelijk overschot naar het crematorium Ohlsdorf bij Hamburg, omdat op dat moment crematie in Nederland nog verboden was.⁸

Voor Van 't Hoff kwam het overlijden vooral zo hard aan, omdat hij vanaf het moment dat hij met zijn studie was begonnen altijd alles met zijn ouders, en met name met zijn vader had gedeeld. Die had hem begeleid, geadviseerd en ruimhartig financieel ondersteund op zijn pad langs de verschillende onderwijs- en onderzoeksinstituten, hij had zijn kennissenkring gemobiliseerd toen het voor zijn zoon lastig bleek om na zijn promotie een betrekking te vinden en was zelfs bij Gunning en Kekulé langsgegaan om over de sterke en zwakke punten van zijn zoon te praten. Hij had hem het onderwerp van zijn oratie gesuggereerd en hem voortdurend op het hart gedrukt steeds zijn gezondheid in acht te nemen als zoonlief weer eens wat al te veel hooi op zijn vork leek te nemen. Geen wonder dus dat hij stevast als een van de eersten op de hoogte was gesteld van nieuwe wetenschappelijke successen of onderscheidingen, zoals onder andere blijkt uit een brief van zijn moeder:

Met hoge ingenomenheid werd wat Henri hem zond ontvangen; hij las en herlas alles, riep maar: 'Jongen, jongen wat een heerlijkheid!' Ik zag een enkele traan vallen op wat hij las; hij wilde telegraferen als bewijs zijner ingenomenheid, maar, toen ik hem een beetje uitlachte, zei hij: 'Nu doe ik 't niet! Ook hij mocht er eens om lachen!' Bedank er Henri zeer voor; moge hij er veel voldoening van hebben!⁹

Hoezeer de dood van zijn vader Van 't Hoff had aangegrepen, blijkt ook uit het dagboek van zijn reis naar Amerika dat hij eind april 1902 weer oppakte: 'Alles ziet er nu anders uit. In de uitkomsten van mijn werk had ik voor mijzelf zelden voldoening; het bereikte verviel voor mij spoedig tot waardeloosheid. Papa heeft echter van die uitkomsten dikwijls genoten, en misschien juist nog het hoogtepunt gezien. Dat is een troost.'¹⁰ Twee dingen vallen op in deze passage. Allereerst hoe hij zelf blijkbaar nauwelijks genoeg ontleende aan het resultaat van zijn wetenschappelijk werk. Dat was zeker geen uitzondering, want ook bij andere gelegenheden deed hij wetenschappelijke successen die hij had behaald bijna als onbetekenend af:

Ik krijg wel eens een complimentje en ben daar altijd nog zoo kinderachtig gevoelig voor, zonder dat te willen weten; Baeyer zei, nadat hij van Mendeleev gesproken had: 'Sie haben ja auch eine neue Disziplin eröffnet.' Het is tenminste iets 'quoique cela ne remplira qu'une demi-page dans une histoire générale.' (Napoleon over zijn stukken na den slag van Marengo). Hoofdzaak is dan ook, dat gij het goed hebt en niet teleurgesteld zijt en weet dat er van mij geworden is wat de beste omstandigheden vermochten. Gij moet per slot van rekening maar onder al mijn vergeefsche schrijverij uw eigen naam zetten, 'avec une grande écriture de femme'.¹¹

Ook zijn uitroep vanuit Parijs, 'Mijn levensplan moet veranderen', toen hij ontdekte dat er op een geschilderd panorama van 'Le tout Paris' maar twee scheikundigen stonden en dan ook nog op het tweede plan, getuigt hiervan.¹² Beide citaten illustreren de manier waarop hij zichzelf en zijn werk bekeek. En zonder nu te beweren dat hij het allemaal voor zijn vader of zijn ouders deed, wordt het wel des te begrijpelijker hoe belangrijk voor hem de instemming van zijn vader wel niet was. In de Epiloog kom ik uitgebreid terug op deze opmerkelijke kant van Van 't Hoff's persoonlijkheid en zal ik een poging doen de relatie tussen Van 't Hoff en zijn vader nader te duiden.

Zo werd 1902 een rampjaar. En met de dood van zijn vader was het niet voorbij. In december overleed Johannes Wislicenus in Leipzig, een van zijn wetenschappelijke vaders, aan wie Van 't Hoff in het begin van zijn loopbaan veel te danken had gehad, toen deze het initiatief had genomen een Duitse vertaling te laten maken van *La chimie dans l'espace*. Eerder was ook Ferrand nog overleden, Jenny's jongste broer, die haar en Van 't Hoff ooit samen had gebracht: 'Het is in onze familie een soort onweêr, dat dan hier dan daar inslaat; dat geval is het derde binnen twee jaar en zoo worden langzamerhand de banden met het oude Vaderland gelicht.'¹³ Tegelijk bleef dat Vaderland ook roepen, want zoon Han was inmiddels achttien jaar oud en moest in dienst. Nadat in Nederland in 1811 de dienstplicht was ingevoerd, bestond de Nationale Militie naast vrijwilligers uit ingelote dienstplichtigen. Voor de loting moest iedere mannelijke inwoner zich in januari van het jaar dat hij negentien werd inschrijven in de woonplaats van zijn ouders.¹⁴ En ook al woonden die in Berlijn, de inschrijving had met hulp van vader Van 't Hoff toch nog keurig op tijd in Amsterdam plaatsgevonden. Maar begin juni probeerde Van 't Hoff opeens de inschrijving van zijn oudste zoon ongedaan te maken door aan te voeren dat hij en zijn gezin hun Nederlandschap hadden verloren door in Pruisische staatsdienst te treden.

Een uiterst opvallende stap. Van 't Hoff had af kunnen wachten of Han wel ingeloot zou worden, of had uitstel kunnen aanvragen vanwege diens aanstaande studie – hij had net het gymnasium afgemaakt. Daarbij was al duidelijk dat hij in geval van een naturalisatie de Pruisische dienstplicht niet zou kunnen ontlopen. Het lijkt er veel op dat Van 't Hoff na de dood van zijn vader de banden met het vaderland heeft willen doorsnijden. Dat ging alleen niet zomaar, de gemeente Amsterdam lag dwars. Men voerde aan dat hij voor zichzelf en zijn gezinsleden 'bij gelegenheid der aanvaarding eener betrekking in Pruisischen staatsdienst, [...] als bedoeld in Artikel 7 Sub 4 der wet van 12 december 1892 (Staatsblad No. 268) op het Nederlandschap en het ingezetenschap [verlof had] gevraagd en verkregen'.¹⁵ Hij was dus Nederlander gebleven. Maar Van 't Hoff zette door:

Uit [...] aanvraag bij het Nederlandsch Gezantschap alhier omtrent de formaliteiten, noodig om mijn' zoon als Pruisisch 'Einjähriger' zijn' dienst-

plicht te doen vervullen, wat in verband met zijn' voorbereiding en studie verreweg het meest gewenscht is, blijkt dat ik daartoe de Pruisische Nationaliteit te verwerven heb, waardoor van zelf het Nederlandschap vervalt en het Kon. Besl. van 12 Dec. 1892 voor mij zijn' kracht verliest.¹⁶

Hij vroeg in Berlijn de Pruisische nationaliteit aan en stuurde de *Naturalisationsurkunde* op naar de autoriteiten in Amsterdam, waarna Han werd uitgeschreven uit het register der Nationale Militie.¹⁷ Vanaf dat moment was de winnaar van de Nobelprijs voor Scheikunde 1901 niet langer Nederlands staatsburger. Dit wordt bevestigd door een briefje van zijn moeder aan Jenny, naar aanleiding van de net daarvoor ten einde gekomen Boerenoorlog: 'Ik veracht den Keizer in zijne houding, en 't spijt mij nu nog te meer, dat gijl. zijne onderdanen zijt geworden, want met u ben ik in bewondering over zoo grooten moed en zelfopoffering [van de Boeren].'¹⁸

Een jaar na de dood van zijn vader en in reactie op het overlijden van Ostwalds vader, kwam Van 't Hoff terug op de moeilijke tijd die hij en zijn gezin achter de rug hadden. Ook zijn werk had eronder geleden:

De mogelijke redenen tot troost zijn er immers voor u zoals u mij dat zelf een jaar geleden schreef. Desondanks heb ik het nooit zo moeilijk gevonden om weer zin in mijn werk te krijgen, terwijl dat toch anders bij mij vanzelf ging.¹⁹

De enige zekerheid die hij had, was dat zijn zoutonderzoek nog altijd goed liep. Het aantal artikelen over de *Salzablagerungen* groeide gestaag en werd zelfs nauwelijks beïnvloed door de verhuizing van het laboratorium naar de Düsseldorfer Strasse, waar de omstandigheden voor het doen van wetenschappelijk onderzoek beter waren. Het zoutonderzoek vormde in de jaren tot 1906 een constante factor in het leven van Van 't Hoff, iets wat hem vastigheid bood. Dat moest doorgaan, steeds waren er weer nieuwe medewerkers die ingewerkt moesten worden, die publicaties verdienden, waarmee hij zelf dan weer zijn verplichtingen tegenover de Akademie kon blijven vervullen.

Daarnaast keerde Van 't Hoff van tijd tot tijd terug naar zijn oude liefde, de chemische thermodynamica. Dat blijkt onder andere uit een artikel in het *Chemisch Weekblad*, dat voortbouwde op zijn Amsterdamse onderzoek naar verdunde oplossingen. Een van zijn Berlijnse medewerkers, de Pool Micozy-sław Centnerszwer, die in 1898 bij Ostwald was gepromoveerd, had metingen gedaan aan de verhoging van de kritische temperatuur van oplossingen en had ontdekt dat die voor oplossingen van dezelfde concentratie evenredig was met het molecuulgewicht van het oplosmiddel.²⁰ Van 't Hoff wist dit ook thermodynamisch te verklaren, maar omdat alle metingen met maar twee oplosmiddelen waren uitgevoerd, eindigde hij zijn artikel voorzichtig:

‘Waarschijnlijk heeft men dus met eene zeer omvangrijke generalisatie te doen, die ik nog niet uitbreiden wil, omdat de feiten ter toetsing ontbreken.’²¹ En dat bleek terecht, want de natuur bleek toch weerbarstiger dan gedacht en het is daarna niet gekomen van enige andere publicatie op dit gebied.

Verder leverde hij, net als iedereen die er op dat moment waar ook ter wereld ook maar enigszins toe deed in de natuur- en scheikunde, een bijdrage aan het *Boltzmann Festschrift*, ter ere van diens zestigste verjaardag. Geïnspireerd door een artikel van Theodore Richards wijdde Van ’t Hoff een uitgebreide thermodynamische beschouwing aan de invloed van de temperatuur op de arbeid die bij een chemische reactie kan worden geleverd.²² Richards was daar erg tevreden over, want het gaf hem ‘het plezierige gevoel dat ik iets heb kunnen bijdragen aan de vooruitgang van de thermodynamica.’²³ Ten slotte wisselde Van ’t Hoff eind 1904 enige brieven uit met Max Planck over de thermodynamica van verzadigde dampen.²⁴ Hoewel hij op een van de brieven aantekende dat ‘de ontwikkeling [zich dan] laat toepassen op vloeistofmengsels’ is het van zo’n toepassing niet gekomen.

Ereambten en een lastige kwestie

Naast zijn onderzoek waren er regelmatig kleine hoogtepunten, speciale gelegenheden waarop Van ’t Hoff zich kon laten gelden als de grote chemicus die velen in hem zagen. Zo was hij in mei 1903 uitgenodigd om de *Dalton celebrations* in Manchester bij te wonen. Bij die gelegenheid werd herdacht dat een eeuw eerder John Dalton in de Literary and Philosophical Society zijn atoomhypothese had gepresenteerd. Veel later was door John Owens, een rijke zakenman uit Manchester, een college gesticht dat inmiddels was uitgegroeid tot de Victoria University, die Van ’t Hoff een eredoctoraat had toegekend. Bij de uitreiking daarvan werd naast zijn theorie van de verdunde oplossingen gewezen op zijn bijdrage aan de stereochemie:

De chemische atomen, die Dalton als vaste objecten had gedacht, waren in de loop der tijd in de ogen van velen geworden tot onstoffelijke kernen, totdat de verbeeldingskracht van Van ’t Hoff, krachtiger dan de pen van de dichter, vormgaf aan die ijle leegtes, het vaste atoom in ere herstelde, en ons de ruimtechemie gaf.²⁵

Later die dag legde Van ’t Hoff nog de eerste steen voor de uitbreiding van het chemisch laboratorium van Owens College, waarna hij ter herinnering een zilveren troffel kreeg uitgereikt, die in de familie lang dienst heeft gedaan als taartschep.²⁶

In 1901, en opnieuw in 1905 werd hij voor een jaar gekozen tot president van de Deutsche Chemische Gesellschaft, die in de laatste jaren van de negentiende eeuw een periode van groei en ontwikkeling had doorgemaakt. De

president van het eerste uur Wilhelm von Hofmann was in 1892 opgevolgd door de jonge Emil Fischer, een kundig organisator. Onder zijn invloed breidde de *Gesellschaft* haar aanbod aan wetenschappelijke uitgaven uit. Naast de al sinds 1867 bestaande *Berichte* zag het *Chemische Zentralblatt* het licht en kwamen er handboeken voor organische en anorganische chemie, de *Beilstein* en de *Gmelin*. Ook werd eind 1900 een nieuw gebouw in Berlijn betrokken, het Hofmann-Haus, waar alle activiteiten van de vereniging werden geconcentreerd. Met name door de genoemde uitgaven werd de *Gesellschaft* voor scheikundigen overal ter wereld steeds belangrijker – in 1880 werkte 40 procent van de ongeveer 2100 leden in het buitenland, een aantal dat tot aan de Eerste Wereldoorlog ongeveer gelijk bleef – en voor Duitse scheikundigen was een lidmaatschap zelfs onontbeerlijk.²⁷ De jaren dat Van 't Hoff voorzitter was, waren daarentegen rustige jaren van consolidatie. Een jubileum hier, een overlijden daar, alles weinig wereldschokkend. De zeventigste verjaardag van Hans Landolt werd gevierd in 1901 en die van Adolf von Baeyer in 1905. Met name dat laatste was voor Van 't Hoff bijzonder, omdat juist Von Baeyer in de periode na publicatie van het *Voorstel* een van zijn supporters was geweest. Verder werd Arrhenius eind januari benoemd tot erelid, een gelegenheid die diepe indruk maakte op Van 't Hoffs medewerker Jean d'Ans: 'Ik zal de ontmoeting tussen deze twee wereldberoemde vakgenoten niet vergeten, beiden winnaars van de Nobelprijs, beiden opgewonden over de eenmaligheid en het belang van de gebeurtenis, waarbij de ene vriend de andere de hoogste eer bewees in naam van de meest gerenommeerde chemische vereniging.'²⁸

Problemen kreeg Van 't Hoff in 1903 als voorzitter van de *Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte*. De jaarlijkse bijeenkomst van deze vereniging vond plaats in Kassel en Van 't Hoff had zich als voorzitter flink met de totstandkoming van het programma bemoeid: hij had zijn mede-Nobelprijswinnaar uit 1901 (voor Geneeskunde) Emil von Behring weten te strikken voor een verhaal over tuberculosebestrijding en zijn Engelse collega en vriend William Ramsay voor een verhaal over het Periodiek Systeem. Voor de openingslezing had hij het jaar daarvoor al Albert Ladenburg vastgelegd, hoogleraar scheikunde in Breslau. Die had een interessant onderwerp gekozen, 'De invloed van de natuurwetenschappen op de levensbeschouwing.'²⁹ Op de betreffende woensdag 23 september verliep de lezing – volgens Ladenburg zelf althans – goed en waren de reacties uit de zaal positief, ook al was deze na de officiële begroetingen van allerlei hoogwaardigheidsbekleders voor de helft leeggestroomd.³⁰ In de loop van de avond, en zeker in de dagen erna kwamen er echter meer en meer negatieve en zelfs verontwaardigde reacties los. Toen Ladenburg de volgende morgen Van 't Hoff tegenkwam 'was deze erg koel, en merkte hij op dat hij grote angst had uitgestaan. Maar



Portret van Van 't Hoff door de Duitse schilder Rudolf Schulte im Hofe uit 1909. Het kreeg vanaf mei 1927 een ereplaats in het Hofmann-Haus van de Deutsche Chemische Gesellschaft, maar ging bij de bombardementen op Berlijn in de Tweede Wereldoorlog verloren.

wat had ik nu eigenlijk gedaan? Ik had religieuze vraagstukken aangeroerd, die ik met de grootste vrijmoedigheid en overeenkomstig mijn eigen opvattingen had beantwoord.’³¹

Het zou te ver voeren op deze plaats de gehele rede van Ladenburg te analyseren. Maar er zijn wel een aantal opvallende passages, die aan duidelijkheid weinig te wensen overlaten. Zo knalde Ladenburg er met zijn eerste zinnen al direct in: ‘In het eerste boek Mozes valt te lezen: “God sprak: ‘Er zij licht en er was licht.’” Maar helder in de hoofden werd het pas toen de heilig-

heid van de Bijbel betwijfeld werd, en deze net als alle andere boeken als het werk van mensen werd beschouwd.³² Wat volgde was één grote lofzang op alle natuurwetenschappelijke inzichten van Copernicus tot Darwin, 'die de oude Bijbelse voorstellingen, de vooroordelen en het bijgeloof uit de Middeleeuwen hebben uitgeroeid',³³ afgewisseld met stevige kritiek op de kerk en het geloof: wonderen bestonden niet en 'het oude testament is het werk van fantasierijke mensen en ook het nieuwe testament kan niet van goddelijke oorsprong zijn'.³⁴ Waarna Ladenburg besloot met de conclusie dat 'op deze wijze het natuurwetenschappelijk onderzoek leidt tot een ontkenning van alle religieuze denkbeelden'.³⁵

Opeens had iedereen het over de 'Ladenburg'sche Rede', de kranten stonden er vol van, hetgeen mede zou zijn ingegeven door de strenggelovige keizerin Auguste Viktoria zelf. Discussies over de vermeende strijd tussen wetenschap en geloof waren bovendien al een aantal jaren aan de gang, vooral na publicatie van Andrew Dickson Whites *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom* van 1896.³⁶ En waar er over Ladenburgs bijdrage aanvankelijk nog rustig werd gediscussieerd, liep het al spoedig uit op scheldpartijen tegen de spreker, met name in zijn woonplaats. Zo werd aangevoerd dat Ladenburg als 'bekeerde jood' geen enkel recht had zich over dit soort zaken uit te spreken. Sommige van zijn collega's aan de universiteit waren van mening dat hij het voorzitterschap van de volgende *Jahresversammlung*, die toevallig in Breslau zou plaatsvinden, diende op te geven.³⁷ Veel steun kreeg hij naar eigen zeggen niet.³⁸ Alleen de elektrotechnisch ingenieur Von Hefner-Alteneck en Ostwald, beiden bestuurslid van de vereniging, bleven achter hem staan, maar 'Van 't Hoff toonde over een zwak karakter te beschikken en scheen het met het optreden [van mijn critici] eens te zijn'.³⁹ Ostwald schreef later dat hij de lezing met een welwillende glimlach had aangehoord, 'omdat [Ladenburg] volgens mij niet bepaald veel nieuws scheen te vertellen'.⁴⁰ Ook refereerde hij aan de discussie die er in het bestuur zou zijn gevolgd over het voorzitterschap van Ladenburg in het daaropvolgende jaar. Nadat Ostwald een gloedvol pleidooi had gehouden voor de vrijheid van meningsuiting werd met een kleine meerderheid besloten Ladenburg als voorzitter voor het volgende jaar te handhaven. In het verslag over 1903 werd opgetekend dat het bestuur 'zich niet verantwoordelijk achtte voor tijdens de bijeenkomst geuite meningen' en dat men Ladenburg van tevoren op het hart had gedrukt geen aanstoot te geven.⁴¹

Zeker is dat wat Ladenburg te vertellen had, Van 't Hoff niet persoonlijk had geraakt. Hij was geen diepgelovig mens en ging niet naar de kerk, ook al deed zoon Han zijn 'Konfirmation', in evangelische kerken in Duitsland de viering van het moment dat iemand kerkelijk volwassen wordt. Evenmin heeft hij zich vaak uitgelaten over religie of over de kerk. In een brief aan Cohen over de intrede van Bakhuis Roozeboom, die wel strenggelovig was

en dat altijd en overal uitdroeg, schreef hij ooit: 'Roozeboom's rede is mij niet tegengevallen; het religieuze daarin houd ik voor een ziekelijk verschijnsel, ietwat corresponderend met zijn fysieke constitutie. Ook kan, *hoewel ik zelf de gevoelens niet deel*, het religieuze element veel goed doen tot tijdelijken steun der jongelingschap in de moeilijke jaren.'⁴² Een paar jaar voor zijn dood liet hij zich in soortgelijke bewoordingen uit: 'als onderzoeker wat verder afstaand van religieuze overwegingen', had hij de praktische conclusie getrokken 'dat de religieuze grondgedachte de mens het juiste pad wijst, net als de atoomleer dat doet binnen de chemie'.⁴³

Af en toe sprak hij zich feller uit in zaken die het geloof betroffen. Toen in 1899 de Tweede Boerenoorlog uitbrak in Zuid-Afrika werd door de hoofdredacteur van de *Amsterdamsche Courant* een boekje samengesteld ten behoeve van het Rode Kruis, met stukken over de schoonheid van de Transvaal en verschillende reacties 'van bevoegde Nederlanders over den afschuwelijken krijg die tusschen het Angelsaksische en Hollandsche ras is ontbrand'. Ook Van 't Hoff was om zijn mening gevraagd. Hij hield deze erg kort en schreef: 'Er zijn oogenblikken, waarin men wenscht dat het Opperwezen eindelijk Zijn geduld eens verliest en de heele aarde van menschen schoonborstelt of -blaast. Desnoods met mij te beginnen.'⁴⁴ Het kwam hem op een aantal felle en anonieme reacties van gelovigen te staan: 'Wanneer geleerdheid u verhindert te gelooven, lees dan deze woorden 1 Cor 1:25 "Het dwaze Gods is wijzer dan de menschen en het zwakke Gods is sterker dan de menschen."⁴⁵ Bijna tien jaar later sprak Van 't Hoff zich in een opinieartikel fel uit toen de katholieke kerk in Oostenrijk invloed opeiste op het bestuur van de universiteit:

Het leek wel of onze moderne verlichte tijd maar een paar schreden vóóruit was op de Middeleeuwen. We hebben ons losgemaakt van de treurige scholastiek van de Middeleeuwen; indertijd was het alleen toegestaan ontdekkingen te doen die in overeenstemming waren met het dogma van de kerk.⁴⁶

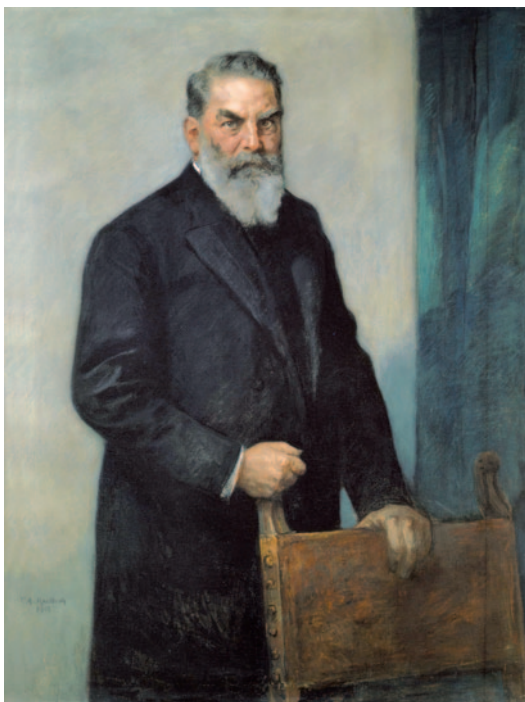
Van 't Hoff's houding ten opzichte van Ladenburg en de opwindende rede die deze met zijn rede had veroorzaakt lijkt dus eerder te zijn ingegeven door zijn afkeer van discussie, ruzie en onenigheid. Dat zagen we ook in het hoofdstuk over de strijd der Ioniërs, waar hij in tegenstelling tot Arrhenius en Ostwald maar zeer ongaarne het strijdtoneel betrad. Dat volgt ook uit de laatste zinnen van zijn bovengenoemd opiniestuk:

Men moet zich afvragen: waartoe dient al die ruzie en onvrede? Waar begint eigenlijk die zinloze strijd? Niet bij diegene die gelooft, en ook niet bij degene die onderzoek doet. En ook niet bij de tweede stap, bij het delen van de eigen onderzoeksresultaten of de inhoud van de eigen religieuze

overtuiging. Maar het is het opdringen van mening en overtuiging dat tot het fatale moment leidt.⁴⁷

Een pijnlijke affaire: het Deutsches Museum

Rond de eeuwwisseling waren op verschillende plaatsen in Duitsland initiatieven op gang gekomen om te komen tot een museum gewijd aan de natuurwetenschappen en de techniek. Dat gebeurde in navolging van Europese voorbeelden als het South Kensington Museum in Londen (het tegenwoordige Science Museum) en het Conservatoire des Arts et Métiers in Parijs. Het idee was uitleg te geven over wat de natuurwetenschappen en techniek inhouden en hun gestaag toenemende rol in de maatschappij te belichten, en dat alles op een voor bezoekers aansprekende wijze. Het meest voortvarend ging wat dit betreft de charismatische Münchener ingenieur Oskar von Miller te werk. Hij kwam uit een rijke familie, zijn vader was directeur van de grootste ijzergieterij van Duitsland, en zelf werd hij eerst directeur van de Deutsche Edison Gesellschaft für angewandte Elektrizität (het latere AEG) om vervolgens een eigen ingenieursbureau op te richten, dat zich vooral bezighield met energieprojecten. Hij wist niet alleen de lokale autoriteiten voor zijn plan te winnen, maar ook prins Ludwig van Beieren.⁴⁸ Half juni 1903 benaderde hij een aantal wetenschappers, onder wie Van 't Hoff, om ook hun steun voor zijn initiatief te verkrijgen.⁴⁹ Van 't Hoff vroeg zich af of hij daar wel de meest



Oskar von Miller (1855-1934), Duits ingenieur die de drijvende kracht was achter de oprichting van het Deutsches Museum.

Portret van Friedrich August von Kaulbach uit 1912.

geschikte man voor was, maar bracht het voorstel van Von Miller voor ondersteuning wel in bij de Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte waarvan hij op dat moment president was.⁵⁰ Nadat Von Miller een beginkapitaal bijeen had gebracht en hem ook een stuk land ter beschikking was gesteld door de prins, kon hij serieus met de oprichting van zijn Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik (later werd de naam veranderd in Deutsches Museum) beginnen.

Vanwege Van 't Hoff's initiële betrokkenheid bij het museum, werd hij in juni 1905 uitgenodigd om een rede te houden voor de jaarvergadering van de Raad van Bestuur en de directie, waarvoor ook een groot aantal Beierse autoriteiten (en potentiële geldgevers) zou worden uitgenodigd. Hoewel Von Miller hem vrijliet in de keuze van het onderwerp, suggereerde hij dat 'misschien een bespreking van de wetenschappelijke musea in Nederland als voorbeeld voor latere vergelijkbare instellingen, of een bespreking van de waarde van historische studies voor de verdere ontwikkeling van het onderzoek' geschikte onderwerpen waren.⁵¹ Van 't Hoff koos voor het eerste en nam direct contact op met het bestuur van de Teylers Stichting in Haarlem. Toen hij vanwege een ziekte van zijn moeder even in het vaderland was, nam hij de gelegenheid te baat het Teylers Museum te bezoeken, waar hij werd rondgeleid door de conservator, Eugène Dubois, de ontdekker van *homo erectus*. Hij vond het beschikbare materiaal wat mager en het onderwerp 'wat saai, [...] een museum bezoeken is voor veel mensen al heel wat, maar de beschrijving van een museum aanhoren is nog veel erger'.⁵² Hij stelde voor om Dubois de lezing te laten geven, maar dat werd door Von Miller afgewezen; prins Ludwig zou zich al te zeer verheugd hebben op Van 't Hoff als spreker. Von Miller suggereerde ook maar gelijk een titel: 'Das Teyler Museum in Haarlem und die Bedeutung historischer Sammlungen für die Naturwissenschaft und Technik'.⁵³

Er was dus geen ontsnappen meer aan en in de zomer begon Van 't Hoff dan ook met hulp van Ernst Cohen, die hem van informatie en literatuur voorzag, met de voorbereidingen van zijn lezing. Dubois toonde zich bereid een aantal *diapositieven* te leveren en daarmee gewapend kwam Van 't Hoff op 30 september in München aan, twee dagen vóór de vergadering, omdat hij er zeker van wilde zijn dat de projectie van zijn lantaarnplaatjes geen problemen zou opleveren. Dat bleek een goede zet. In het Wittelsbacher Palais was namelijk geen elektrisch licht beschikbaar, en 'om afwisselend licht en donker te hebben [zouden] veertien lakeien met kandelabers heen en weer vliegen'.⁵⁴ Daar voelde Van 't Hoff niet veel voor en besloten werd de gehele lezing in het halfdonker te houden. Na een uitgebreide inleiding over de persoon Pieter Teyler van der Hulst, het ontstaan van diens verzameling en de rol die Martinus van Marum in de ontwikkeling daarvan heeft gespeeld, gaf Van 't Hoff zijn mening over het nut van wetenschapsmusea, waarbij hij

het voorbehoud maakte 'dat ik mijn leven lang een slecht museumbezoeker geweest ben en mij slechts enkele maanden ten dienste stonden, om mij in het onderwerp in te werken.'⁵⁵

Dat weerhield hem er niet van om stevig in te zetten: 'Een historisch museum voor Wetenschap of Techniek [is], zonder meer, nauwelijks levensvatbaar en voldoet alleen aan een zeker gevoel van piëteit, dat men zich schamen zou niet te hebben.' Terwijl de waarde van een museum voor beeldende kunst met de jaren toeneemt, 'staan historische apparaten van jaar tot jaar meer bij het nu bereikte ten achter, en vervallen ten slotte tot curiosa.' En waar een kunstwerk door iedereen gewaardeerd kan worden, is het belang van een historisch wetenschappelijk object alleen te begrijpen als iemand de achtergrond ervan kent. Het kan niet anders of deze woorden gaven aanleiding tot enig ongemak onder de talrijke hoogwaardigheidsbekleders en potentiële geldgevers, en niet in het minst ook bij Von Miller zelf. Het was op dat moment immers nog allerminst zeker dat het museum er zou komen. Gelukkig gaf Van 't Hoff in het vervolg van zijn lezing aan dat er wel degelijk redenen waren om te streven naar een museum voor wetenschapsgeschiedenis. Het zou kunnen bijdragen aan het historisch bewustzijn op het gebied van wetenschap en techniek, bijvoorbeeld aan de hand van levensbeschrijvingen van grote wetenschappers, zou ruimte kunnen bieden voor het aanleggen van een verzameling 'monsters' van wat de Duitse industrie te bieden heeft, en ten slotte zou het de bezoekers ook moeten uitnodigen tot het zelf doen van experimenten. Een verrassend modern inzicht.

Toch was Von Miller na afloop allesbehalve enthousiast. 'Ik kan niet ontkennen dat de in uw rede naar voren gebrachte bedenkingen in het angstig gestemde gemoed van die personen die om substantiële steun voor het museum waren aangezocht, een nog grotere vrees heeft doen postvatten, dan u zelf al had verondersteld.'⁵⁶ Von Miller had een gloedvol betoog verwacht over het belang en het nut van wetenschapsmusea, om het gefortuneerde deel van het publiek enthousiast te krijgen en hen over te halen de portemonnee te trekken. Dat liet Van 't Hoff een paar dagen na terugkomst ook weten aan Cohen:

Men vond dat ik niet zoo warm voor het Museum aldaar had gepleit als wenschelijk was met de 7 Millioen die men ervoor hebben wil. Ik heb dan ook wel eenig bedenken als het geheel niet meer wordt dan een verzameling van apparaten en modellen. Er moet iets mee worden gedaan, anders komt er niemand kijken, maar daar zal ook wel voor worden gezorgd.⁵⁷

Volgens Van 't Hoff waren er geen redenen tot zorg over de toekomst van het museum: de dag na zijn lezing had Von Miller een meeslepend pleidooi gehouden, dat hem flinke financiële toezeggingen van een aantal Duitse bier-

brouwers had opgeleverd, waardoor het zich liet aanzien 'dat de grootsche plannen zouden worden verwezenlijkt'.⁵⁸

Van 't Hoff had ook namens de directie van Teylers een groot aantal boeken, platen en catalogi geschonken, waarvoor prins Ludwig hem persoonlijk had bedankt. Ook Von Miller dankte de Teylers Stichting hiervoor per brief, maar vergat tot enige ergernis van Van 't Hoff de schenking van de diapositieven te vermelden, waarvan het maken een flinke kostenpost had betekend; het zoveelste misverstand in deze 'comedy of errors'. Toen Von Miller hem ten slotte vroeg om de tekst van zijn lezing 'voor permanente archivering' aan het museum te doen toekomen, zag Van 't Hoff daar in eerste instantie liever van af.⁵⁹ Hij vond dat zijn lezing onvoldoende enthousiasme voor de onderneming had gewekt, ook al had hij het tot zijn plicht gerekend te wijzen op niet altijd gunstige ervaringen met andere musea, en daarnaast ook had geprobeerd aan te geven hoe dit volgens hem voorkomen kon worden.⁶⁰ De publicatie van de lezing werd keer op keer verschoven en zij verscheen pas zes jaar later (!) in de *Vorträge und Berichte* van het museum,⁶¹ en dan ook nog in een licht aangepaste versie.⁶² Ondanks alle 'opwindings' werd Van 't Hoff in november 1905 benoemd tot lid van de Raad van Bestuur van het museum.



Deutsches Museum op het Museumsinsel in München.

Von Miller was intussen ook al begonnen om interessante wetenschappelijke objecten voor zijn museum te verzamelen. Daarvoor deed hij opnieuw een beroep op wetenschappers in heel Duitsland, waarbij hij naast wetenschap-

pelijke instrumenten vroeg om artikelen en boeken (het liefst met handtekening en opdracht).⁶³ Al in een vroeg stadium had Van 't Hoff een exemplaar van zijn *Voorstel* toegezegd, met een daarbij behorende set molecuulmodellen, die hij ooit in 1874 aan Hans Landolt had gestuurd.⁶⁴ Ook verklaarde hij zich bereid om afbeeldingen en misschien zelfs modellen van bijzondere Nederlandse instrumenten en apparaten te leveren,⁶⁵ maar vergat gevolg te geven aan dit aanbod. Pas toen het bestuur van het Deutsches Museum zich begin 1907 richtte tot het bestuur van het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres refererend aan de toezegging van Van 't Hoff, kwam er een reactie. Een daartoe speciaal ingestelde commissie

acht [het] van groot belang, dat Nederlandsche vindingen op natuurwetenschappelijk en technisch gebied [...] in dat museum vertegenwoordigd zullen worden, doch stelt daarbij op den voorgrond dat dit slechts geschiede door afbeeldingen en nabootsingen en niet door de oorspronkelijke voorwerpen, die, naar zij hoopt, eerlang bijeengebracht zullen worden in een Nederlandsch museum.⁶⁶

Er werd besloten een subsidie van 100 gulden te verlenen ten behoeve van het maken van 'photographische afbeeldingen van de eerste vuur-stoommachines hier te lande' en van modellen van windmolens. Van 't Hoff zelf slaagde er zelfs nog in om uit het laboratorium van Heike Kamerlingh Onnes in Leiden een kopie te verkrijgen van de eerste door Fahrenheit gemaakte kwikthermometer. Hij zou tot aan 1909 in de Raad van Bestuur van het museum zitten, maar heeft het nooit met eigen ogen kunnen aanschouwen, want het zou nog wel even duren alvorens het museum er daadwerkelijk kwam. Eind 1906 werd een voorlopige tentoonstellingsruimte geopend in het oude Nationalmuseum en werd tevens de eerste steen gelegd voor het permanente museum. Dat ging blijkbaar opnieuw gepaard met allerlei verwickelingen, zo schreef hij aan Arrhenius: 'Baeyer schreef me dat de toestanden [rond het museum] in München oerkomisch zijn, iedereen scheldt op het museum en iedereen geeft Von Miller er geld voor.'⁶⁷ Mede als gevolg van de Eerste Wereldoorlog zou het pas in 1925 zijn deuren openen.

20

Opleving en neergang

Ik hoor het tikken van den voorbijgaanden dag en zie voor mij een zwart gat, achter mij een oud rommeltje; ik beweeg mij tusschen beiden, naar den verkeerde kant, en begin dit dagboek. – J.H. van 't Hoff¹

De poëzie hervonden

Eind november 1905 verliet de laatste van Van 't Hoff's medewerkers, Jean d'Ans, het laboratorium aan de Düsseldorfer Strasse en toen na Nieuwjaar ook de gezondheidstoestand van Wilhelm Meyerhoffer almaar slechter werd en hij doodziek naar Merano vertrok waar hij spoedig zou overlijden, kwam er een einde aan het experimentele werk aan de zouten. Er moest nog wel veel gerapporteerd worden – het laatste wetenschappelijke artikel in de zoutserie zou pas in 1907 verschijnen² en ook het tweede deel van het boek dat alle resultaten van de afgelopen tien jaar bij elkaar bracht was nog niet klaar. Toch was er een last van Van 't Hoff's schouders gevallen en hij was opgelucht eindelijk weer eens nieuwe paden in te kunnen slaan. Een nieuw onderzoeks-onderwerp had hij al: de werking van enzymen in planten. Volgens zijn dagboek had hij daarover al in mei 1906 zijn gedachten op een rij gezet:

Aan Aleida gevraagd hoe ze er over zou denken in Dahlem te wonen. Plan voor physico-chemisch onderzoek, fermentsynthese in de plant, uitvoerbaar door aanbouw van huis en klein laboratorium bij Dahlem; proefvelden in leen van de regering; samenwerken met Engler en Thoms; college aldaar over plantenchemie; daarover een werkje schrijven.³

Hij voelde zich uitstekend. De hooikoorts leek verdwenen: 'Op het laboratorium kon ik het bij 29° goed uithouden, vroeger altijd niesen bij 25°. In mijn gestel schijnt iets veranderd, verbeterd.'⁴ En een paar dagen later bracht het overlijden van een aantal collega's hem tot de volgende bespiegeling: 'Ik was een van de oudsten, maar mijn gezond gestel schijnt nog vooruit te gaan; wellicht de rust door den verzekerden afloop der zouterij.'⁵

Hij had op dat moment een in veel opzichten memorabel halfjaar achter de rug. In februari bracht hij een aantal prachtige dagen door in Wenen, waar hij op uitnodiging van de Österreichische Ingenieur- und Architekten-Verein een lezing had gegeven.⁶ Waar hij dit soort uitnodigingen meestal afsloeg, trok deze hem wel aan, omdat het hem de mogelijkheid bood om de zoutzeeën in Zevenbergen te bezoeken, waar het overigens niet van was gekomen. Toen er bovendien nóg een verzoek kwam voor een lezing, nu bij de Physikalisch-chemische Gesellschaft, had hij definitief toegezegd. In de Oos-

tenrijke hoofdstad was hij behandeld als een vorst. Dat was al begonnen 'met een deputatie in hooge hoeden op het perron'. Daarnaast verbleef hij in het mooiste en duurste hotel van Wenen, Hôtel Impérial, en had hij gedurende zijn gehele verblijf een rijtuig tot zijn beschikking. Na zijn lezing over 'Die Thermochemie' was er 's avonds een uitgebreid diner waar heel wetenschappelijk en bestuurlijk Wenen acte de présence gaf. Van 't Hoff's dankwoord die avond tekent zijn persoon: humorvol, 'Ik heb heden het genoegen gehad kennis te maken met [iemand], dien ik vroeger niet kende', belezen, 'Toen ik gisteren uit de trein stapte [...] dacht ik dat ik zelfs nog een streepje voor had bij den Amerikaanschen humorist Mark Twain. Deze stapte in Cincinnati uit, hij werd van alle kanten begroet en men stelde zich in rijen op, waartusschen hij door schreed. En toen hij weer instapte om verder te reizen, riep men: "Lang leve generaal Grant!" Maar gisteren heb ik gezien, dat men mij herkend heeft. Mijn besten dank daarvoor!', en slim inspelend op de lokale gevoelens, door te verwijzen naar een boek van Ludwig Boltzmann over Amerika, dat eindigde met de woorden: 'In Amerika was het mooi, in San Francisco eveneens, maar het mooist was het toch toen ik weer in Weenen aankwam.'⁷ Mede door bezoeken aan een aantal toeristische attracties (het Prater, het paleis van Schönbrunn, de Opera en het Kunsthistorisch Museum) werd deze week 'een herinnering voor het leven'.⁸

Twee maanden later besloot hij een niet ongevaarlijke expeditie te ondernemen. De Vesuvius was uitgebarsten en op aansporing van Jenny, die blijkbaar wist dat dit hem interesseerde, besloot Van 't Hoff dat met eigen ogen te gaan aanschouwen. Hij vroeg zijn oud-collega, de geoloog Molengraaff, om hem te vergezellen. Wat stond hen in Napels en omstreken te wachten? Nadat er al maandenlang lava uit de krater was gestroomd, hadden er op 7 april 1906 drie flinke aardbevingen plaatsgevonden, waarna zich een nieuwe krater had geopend op de schouder van de berg vanwaaruit een flinke lavastroom richting de dorpjes Boscoreale en Torre Annunziata was gestroomd. Tegelijkertijd had zich een wolk van as en kleine steentjes (*lapilli*) ontwikkeld die door de wind grotendeels naar het oosten werd gedreven. De dorpjes daar waren inmiddels bedolven geraakt onder een laag van meer dan 1 meter. Het grootste aantal slachtoffers was gevallen in San Giuseppe waar doodsbanige dorpelingen zich hadden verzameld in een kerk waarvan het dak onder de dikke laag as was ingestort.⁹

Op 11 april, de dag dat Van 't Hoff met de trein in Napels arriveerde, was daar het hele openbare leven stilgevallen, doordat het er bijna helemaal donker was geworden als gevolg van de aswolk. Pas toen deze na twee dagen enigszins was opgetrokken en nog slechts 'als een zwart dak boven de kust [hing]' namen Molengraaff en Van 't Hoff de trein in de richting van de Vesuvius:

De trein naar Pompeï rijdt, maar eindeloos te laat en langzaam, enorme trein voor de gevluchten uit Torre del Greco, die daar schilderachtig uit-

stappen, alles dik onder de asch, maar helder weêr; het militair ruimt de rails schoon, en voor het eerst gezicht op den aschkegel uit den Vesuvius, hooger dan de berg zelf. In Pompeï rijtuig genomen naar Boscotrecase, versche lava, 's avonds nog gloeiend, straat gezien, waar de stroom van twee kanten inliep, ook in de kerk aldaar; huizen waar enkele menschen ingesloten waren in hun slaap. Wijn gedronken in een soort van rooverhol, waar een Rus een veldslag leverde over de betaling, ook Molengraaff deed er wat valsch geld op, en vlooiën.¹⁰

De dag erna trokken ze verder: 'Met een rijtuig naar San Giuseppe zover het door de lapilli mogelijk was, uitgestapt en in ware aschregen het dorp bereikt, de kerk gezien, waar zooveel menschen omkwamen, alles militair bewaakt. Mensen zijn bezig een en ander uit de huizen te halen, deze voor 't meerendeel van dak tot kelder doorboord, door het gewicht der opgevallen steenen.' De volgende paar dagen bezochten de twee Pompeï, en een aantal andere toeristische attracties (Grotta del Cane en de Flegreïsche velden) om op 17 april de thuisreis weer te ondernemen.

Het is onduidelijk wat Van 't Hoff met dit ramptoerisme voor ogen stond. Geologie was nooit zijn grote liefde geweest, in Amsterdam had hij van alles geprobeerd om onder de colleges uit te komen. Waarschijnlijk was het toch een zucht naar avontuur, de behoefte om een unieke gebeurtenis van dichtbij mee te maken. Veel eerder, tijdens de reis die hij met zijn ouders in 1874 door Italië had ondernomen en die ze waren begonnen in Napels, was Van 't Hoff erg teleurgesteld geweest dat de Vesuvius 'op dit oogenblik niet [rookt], en dat vindt vooral Henri heel laf, – die liever, geloof ik, zelfs eene uitbarsting zou willen zien', zo schreef zijn moeder aan de familie in Rotterdam.¹¹ Dit soort 'natuurgeweld' boeide hem blijkbaar al van jongs af aan, misschien wel door het lezen van zijn held Lord Byron: 'Vesuvius shows his blaze, an [sic] usual sight, for gazing tourists, from his hackney'd height.'¹² Dat hij de reis ondernam, illustreert eens te meer dat hij zich in die tijd echt vrij gevoeld moet hebben, niet belast door verplichtingen en vol energie om een nieuwe start te maken. Dat goede gevoel komt ook naar voren uit wat hij optekende tijdens de terugreis: 'Onvergetelijke morgen in Regensburg. [...] Voorjaar en nog eens voorjaar en dan de poëzie, die over zoo veel in Duitschland ligt met genot van alleen aan het oogenblik te denken.'¹³ Achteraf zou hij over deze periode schrijven: 'Toch vond ik in dat alles iets abnormaals en herinnerde mij de uitspraak van een vroegeren medischen collega, dat een gevoel van bijzonder welzijn in later jaren een slecht teeken is.'¹⁴ Veelzeggende woorden, want helaas zouden de maanden die volgden heel wat minder voorspoedig verlopen dan hij toen kon voorzien.

Een langzame neergang

Tegen het einde van dat jaar waren er voor het eerst tekenen dat het met zijn gezondheid niet goed zat. Hij transpireerde 's nachts veel, was moe en kortademig: 'Ik kom zwaar hijgend boven, pomp heeft dus een hikje,'¹⁵ en 'bij diep inademen iets rochelends onderin longen.'¹⁶ Aanvankelijk hield hij het voor niet meer dan een hardnekkige verkoudheid, maar tijdens een bijeenkomst van het Kartell der Akademien¹⁷ in Göttingen op 15 oktober, ontwikkelde zich voor het eerst ook een flinke koorts en was hij gedwongen om naar huis terug te keren, waar hij twee weken ziek op bed lag met naar eigen zeggen 'een kleine influenza.'¹⁸ De strenge winter van 1906-1907 maakte het er niet beter op. Bij een onderzoek bleek zich in zijn longen vocht op te hopen dat niet weggehaald kon worden. Vanaf begin april moest hij 'met een pleuritis' zelfs volledig het bed houden en namen Aleida en echtgenote Jenny de correspondentie van hem over.¹⁹ Dat vond hij verschrikkelijk. 'Dat hij niet eens zittende diep denken kan, weet U zeker ook wel; hij heeft behoefte aan beweging,' zo schreef Jenny aan haar schoonmoeder.²⁰

Maar de koorts week niet en liep 's avonds zelfs meestal behoorlijk op, waardoor hij onrustig sliep en vaak ijlde in zijn slaap. Cohen bezocht hem eind mei en vond hem sterk vermagerd en hees, ook al leek zijn stemming er niet onder te hebben geleden.²¹ Opvallend was dat hij in die tijd 'het ontstaan der ziekte in verband [bracht] met zijn bezoek aan de Vesuvius indertijd, in welke tijd hij zegt een lading asch, kool, lava, zuur enz. binnen te hebben gekregen.'²² In haar latere 'Herinneringen' schreef Jenny jr. zelfs dat haar vader speciaal naar Napels zou zijn gegaan 'om te onderzoeken welke invloed de aschregen op het menselijk lichaam (o.a. de longen) zou hebben. Met een gids drong hij dagenlang onder de aschregen door, niet achtend zijn eigen gezondheid.'²³ Dat lijkt erg onwaarschijnlijk, maar dat de dichte aswol en asregen in Napels geen gunstige uitwerking hadden gehad op zijn longen was duidelijk. Misschien dat hij de zorgen bij zijn gezin over de aard van zijn ziekte wilde wegnemen en misschien wilde hij ook voor zichzelf nog niet accepteren dat de oorzaak een heel andere was. Gaandeweg bleek de situatie ernstiger dan zich begin dat jaar had laten aanzien en was er geen sprake meer van een pleuritis, maar van de gevreesde ziekte tuberculose.

Die klap moet hard zijn aangekomen. Dat hij zich meer dan ooit bewust werd van zijn eigen sterfelijkheid, volgt uit het onorthodoxe begin van een in memoriam voor zijn net overleden opvolger in Amsterdam Bakhuis Roozeboom: 'Alweer een dode! Men krijgt onwillekeurig het gevoel daar te staan waar de granaten neerstortend uit elkaar barsten. Hier overleed onlangs mijn jarenlange collega Meyerhoffer, en daar ligt nu ook alweer mijn opvolger, die de toekomst in handen had.'²⁴ In zijn dagboek begon hij ook bij te houden wie er allemaal waren 'afgefallen' en op welke leeftijd dat gebeurde. De kranten



Ansichtkaart die Van 't Hoff vanuit het sanatorium in Sülzhayn schreef aan zijn moeder. Links heeft hij met een pijltje 'het land van belofte' aangeduid, de Liegesaal waar hij op dat moment (10 juli 1907) net voor het eerst toegelaten was.

in Nederland maakten vanaf juni 1907 om de paar dagen in korte berichten melding van zijn 'zeer ernstige' gezondheidstoestand. Daar kwam nauwelijks verbetering in en hoewel de bekende longarts dr. Fränkel 'den toestand volstrekt niet hopeloos [acht] en hij volledige genezing niet uitsluit',²⁵ vond hij het toch beter dat Van 't Hoff om echt te herstellen naar een sanatorium zou gaan. De keuze viel op de privékliniek van dr. Emil Kremser in Sülzhayn in de Harz. Deze bood plaats aan tien patiënten en had in 1898 zijn deuren geopend naast een veel groter sanatorium, beschut tussen de bergen op een hoogte van zo'n 400 meter.²⁶ Het duurde nog tot eind juni, voordat met behulp van medicijnen de ergste koorts zover was onderdrukt, dat hij de reis mocht ondernemen. De eerste weken in het sanatorium was hij gedwongen het bed te houden, totdat de koorts langs natuurlijke weg zo ver gezakt was dat hij overdag, goed ingepakt in de *Liegehalle* met de andere patiënten in de buitenlucht aan zijn herstel kon werken. Vanaf dat moment zou het meten van zijn lichaamstemperatuur, soms vele malen per dag, uitgroeien tot een obsessie. Alle resultaten werden dagelijks trouw genoteerd in zijn dagboek en in brieven gedeeld met familie. Grappig en ook typisch voor de wetenschapper Van 't Hoff was dat hij probeerde vast te stellen hoeveel zijn lichaamstemperatuur steeg bij bepaalde activiteiten:

Huiselijk ongenoegen	0,6°
Bierreisje	0,5°

Eten in vreemd gezelschap 0,4°

College 0,3°

Zittingen, die lang duren 0,2°

Enz. enz. Mijn morgentemperatuur moet niet boven 36,9° komen en zoo reken ik 's morgens uit hoeveel ik verspelen kan of rusten moet.²⁷

Vergezeld van steeds een of twee kinderen nam Jenny in die periode haar intrek in een pension in de buurt, maar ver genoeg van de kliniek, omdat Van 't Hoff bang was dat 'vele patiënten daarheen zouden wandelen en de kinderen daar onwillekeurig in een atmosfeer van teringlijders zouden komen.'²⁸ Veel te doen was er niet. Toen het langzaamaan iets beter ging en zijn longen steeds 'schoner' werden, mocht hij per dag twee korte wandelingen maken in de buurt, waar hij zoveel mogelijk gebruik van maakte. Ook ontving hij af en toe bezoek van collega's, al vermoeiden wetenschappelijke discussies hem meer dan goed voor hem was en nam de koorts vaak toe na zo'n bezoek. Tegenover zijn moeder leek hij in elk geval wat optimistischer gestemd dan een paar maanden eerder:

De ongesteldheid, die ik heb, wordt nu geheel anders opgevat dan vroeger; toen viel het groote woord en de betroffene was geoordeeld; nu is met zekerheid uitgemaakt dat op onze leeftijd alle met den kiem rondloopen en het maar de vraag is of het lichaam sterker is dan deze gast.²⁹

Om de bestrijding van de tbc-bacil te helpen, werd begin september, net na zijn verjaardag, besloten hem te behandelen met het serum van Behring. Dezelf-



Emil von Behring (1854-1917), Nobelprijswinnaar voor Geneeskunde in 1901 voor zijn ontdekking van een serum tegen difterie.

de Emil von Behring nota bene met wie hij samen in december 1901 in Stockholm was geweest en die er de eerste Nobelprijs voor Geneeskunde in ontvangst had genomen voor de ontwikkeling van de serumtherapie tegen difterie en tetanus.

Behring was in het begin van de jaren negentig assistent geweest in het laboratorium van Robert Koch en had daar ontdekt dat het mogelijk was om met difterie geïnfecteerde dieren en ook mensen te behandelen door ze in te spuiten met bloedserum van dieren die een infectie hadden doorgemaakt. Deze passieve vorm van immunisatie had hem zijn Nobelprijs opgeleverd, maar was niet het definitieve middel tegen de difterie; het werkte immers maar tijdelijk. Vandaar dat Behring vanaf 1901 werkte aan de ontwikkeling van een *actieve* vorm van immunisatie door het direct inspuiten van verzwakte bacteriën. Voor difterie kreeg hij dat in 1913 voor elkaar.³⁰ Eerder had hij ook al geprobeerd een serumtherapie te ontwikkelen tegen tuberculose, maar die werkte veel minder goed dan bij difterie en tetanus. Hij wist weliswaar een aantal middelen te produceren, gewonnen uit het bloed van geïnfecteerde koeien en paarden, maar een doorbraak bleef uit. Dat gold evenzeer voor de kuur die Van 't Hoff onderging. Een maand lang werd hij om de paar dagen ingeënt met *tulase*, een verzwakt bacteriepreparaat, maar hoewel hij zelf opmerkte dat 'het ophoesten [na een inenting] wegbleef', ging daar vaak wel een flinke koortsaanval aan vooraf.³¹ Ook een inenting met antitulase, geïsoleerd uit het bloed van paarden die met tulase waren ingeënt, had flinke bijwerkingen, waaronder een uitbraak van netelroos.³²

Eenmaal hersteld van de bijwerkingen was hij zelfs zo ver opgeknapt dat hij energie vond voor het schrijven van een bijdrage aan het boek ter ere van het 25-jarig jubileum van het doctoraat van de Groningse hoogleraar fysiologie H.J. Hamburger. Deze *Sanatoriums-Betrachtung* is in verschillende opzichten tekenend voor de persoonlijkheid van Van 't Hoff en vormt ook een illustratie van zijn wetenschappelijke creativiteit.³³ Allereerst maakt hij zijn excuses voor zijn bijdrage, 'die meer het karakter heeft van een levensteken dan dat het een prestatie genoemd mag worden', maar het was voor een jubilaris wellicht 'aangenamer onder de bijdragen af en toe iets minderwaardigs aan te treffen dan dat bij iedere bijdrage het gevoel van de eigen kleinheid zich steeds pijnlijker opdringt'.³⁴ Ten grondslag aan Van 't Hoff's stukje lag de observatie dat bij een gezond iemand die zich inspant de lichaamstemperatuur stijgt, terwijl bij iemand die net van een ziekte is hersteld, de lichaamstemperatuur bij inspanning tot wel een graad kan *dalen*. Voor een verklaring van dit verschijnsel beschouwde hij de werking van spieren als die van een elektromotortje, waarin de elektrische energie wordt opgewekt met behulp van chemische reacties. Daarmee kwam hij op het hem vertrouwde terrein van de galvanische cel. In het vervolg behandelde hij een zich inspannend

menselijk lichaam volgens de wetten van de thermodynamica en leidde af dat inderdaad bij een klim van zo'n 400 meter er 1 graad temperatuurdaling zou kunnen optreden. Bij een gezond mens compenseert het lichaam hiervoor door 'bij te stoken', waardoor de temperatuur constant blijft, maar bij een zieke schiet de temperatuurregeling tekort en daalt de lichaamstemperatuur. Zoals Van 't Hoff zelf al schreef in zijn inleiding vormde zijn analyse geen hard wetenschappelijk bewijs, maar was het meer een aardige toepassing van thermodynamische principes op zijn persoonlijke toestand in die dagen. In zijn Gedächtnisrede kwam Ostwald nog speciaal op dit artikel terug. Hij vond het getuigen van een ongekende heldhaftigheid 'hoe hij hier de verschijnselen van het onweerstaanbaar wegvloeiende eigen leven met objectieve wetenschappelijkheid onderzoekt'.³⁵

In de loop van oktober was zijn gezondheid zo ver vooruitgegaan dat hij toestemming kreeg om naar huis terug te keren: 'Het verschil in omvang bij in- en uitademen, dat onder normaal (7) en 6 cm was, is nu daarboven 8; ik ben dus reeds een soort longakrobaat'.³⁶ De verwachting was wel dat een terugkeer naar het drukke leven in Berlijn tot een terugslag zou leiden. In een brief aan Jenny maakte hij een soort van tussenbalans op:

Veel ouder worden deugt voor niemand en haast alle andere ziekten zijn erger; ik kan op mijn leven, niet het minst door je goede zorgen, met volkomen dankbaarheid terugzien en heb daarin zoo veel gehad dat ik werkelijk niet zou kunnen zeggen wat meer. De krachten om een paar dingen af te maken zal ik nog wel hebben en dan is mijn betrekking van een zoodanig rekbare aard dat ik mij desnoods geheel beschouwen kan als iemand met een eerepensioen.³⁷

Hij pakte zijn wekelijkse colleges weer op, bezocht af en toe een zitting van de Akademie en zelfs een bijeenkomst van de Bunsengesellschaft. Op kerstavond noteerde hij trots: 'Voor het eerst gezongen; groote verbetering'.³⁸ Bovendien had hij daarvoor bericht gekregen dat twee 'Technische Hogescholen', die in Braunschweig en zijn 'alma mater' in Delft, hem een eredoctoraat hadden verleend.³⁹ Zo eindigde hij het jaar in een opperbeste stemming: 'Lekkertjes ziek geweest in 1907, nog wat longgepieper; intusschen twee eerediploma's doct. ing. erwischt'.⁴⁰ Maar er stond hem op persoonlijk vlak in het nieuwe jaar een grote klap te wachten, eentje die alles te maken had met zijn oudste dochter Jenny.

Van 't Hoff's dochters

Na haar opleiding op de privéschool van Frau Klockow had Jenny graag willen studeren. Ze kon goed leren en was ambitieus. Maar een universitaire studie was in die tijd voor meisjes nog niet weggelegd. Van 't Hoff zelf zag

daar sowieso niets in. Gekscherend moet hij wel eens hebben gezegd: 'Als meisjes studeren krijgen ze pukkels en dan worden ze lelijk en trouwen ze niet.'⁴¹ Ook zijn zus Hendrika had, in tegenstelling tot haar broers, niet gestudeerd.⁴² Toen bekend werd dat zich in het nabijgelegen Marienfelde een tuinbouwschool (de Obst- und Gartenbauschule für Frauen gebildeter Stände) had gevestigd, vond Van 't Hoff het goed dat Jenny daar aan een tweejarige opleiding zou beginnen. Net als bijna alle scholen voor meisjes in die dagen was ook dit een privéschool, opgericht door dr. Elvira Kästner. Het doel van haar school was 'vrouwen en jonge meisjes met een goede scholing door theoretisch onderwijs en praktisch werk zó te vormen dat ze in staat waren een positie als beroepstuinder te bekleden.'⁴³ Toen ze in september 1904 haar vader naar een congres in St. Louis vergezelde, had ze net haar opleiding afgerond. Verder had ze kennism gemaakt met een twaalf jaar oudere natuurkundige uit Frankfurt, Ulrich Behn. Hij was in 1868 geboren als zoon van de Duitse arts en zoöloog Wilhelm Behn, die als hoogleraar verbonden was aan de Universiteit van Kiel. Na zijn promotie bij August Kundt in Berlijn was Ulrich in de herfst van 1901 in dienst getreden van de Physikalische Verein in Frankfurt als *Dozent* in de natuurkunde en meteorologie; later werd hij er ook directeur van de afdeling natuurkunde.

Hoe Jenny en Ulrich elkaar ontmoet hebben, is onbekend. Een balboekje van Jenny toont eenmaal de naam Behn, in 1900, nog in de tijd dat hij werkzaam was op het Physikalisches Institut van de universiteit in Berlijn, vóór zijn vertrek naar Frankfurt.⁴⁴ In nagelaten aantekeningen over haar relatie met Ulrich vertelt Jenny dat Ulrich haar per brief had benaderd en dat zij, na de eerste keer niet te hebben gereageerd, een tweede brief toch had beantwoord. Ze spraken af om samen een uitstapje te maken na afloop van de Naturforscherversammlung in Kassel in september 1903. Ulrich woonde die als deelnemer bij en Jenny vergezelde haar vader. Het was de bijeenkomst waar Ladenburg zijn beruchte rede had gehouden onder het voorzitterschap van Van 't Hoff. Wellicht geplaagd door de negatieve reacties op die lezing had Van 't Hoff besloten een dag eerder naar Berlijn terug te keren. Daardoor was het uitstapje van Jenny en Ulrich in het water gevallen. Vervolgens zouden ze elkaar in het geheim een tweetal keren ontmoet hebben op een station, 'toen iets hélemáál ongehoords voor een meisje alleen van mijn stand'.⁴⁵ Ze verloofden zich in het geheim, maar Jenny zag zich gedwongen alles te vertellen nadat zij met haar vader in 1904 was teruggekeerd uit St. Louis. Van 't Hoff stuurde namelijk aan op een huwelijk van zijn dochter met een zoon van de rijke industrieel Mallinckrodt, bij wie ze in St. Louis hadden verbleven. Voor Jenny kwam dat als een volslagen verrassing: 'Het was een aardig jong mens, waar ik aardige dagen mee beleefde, maar ik had nooit gemerkt, dat hij zulke plannen had – misschien door taalmoeilijkheden – misschien ook was dit huwelijk bekonkeld door Papa en zijn ouders. Deze jonge man zou

ook nog erven van zijn heel rijke kinderloze Tante, zodat het begrijpelijk is, dat mijn vader dit huwelijk wenselijk vond.⁴⁶ Toch liet Van 't Hoff uiteindelijk de keuze aan Jenny, en hoewel zij zich zeer onder druk gezet voelde – loyaal als ze altijd was aan haar ouders –, koos ze toch voor Ulrich. Het huwelijk vond plaats op 30 maart 1905.

Vlak daarvóór had Ulrich van de directie van de Physikalische Verein te horen gekregen dat zijn contract niet verlengd zou worden. Daar waren verschillende redenen voor aangevoerd: zijn ontoegankelijke en ietwat botte karakter had de Verein veel vrienden gekost⁴⁷ en zijn voordrachten werden in tegenstelling tot die van zijn collega's slecht bezocht.⁴⁸ Nu was zijn aanstelling in Frankfurt van het begin af aan geen gelukkige geweest. Zo was hij niet alleen verantwoordelijk voor het onderzoek en de afhandeling van de dagelijkse kwesties op natuurkundig gebied, maar ook voor het meteorologisch onderzoek, dat hij zelf als wetenschappelijk oninteressant ervoer. Bij zijn aantreden was hem echter beloofd dat dit van korte duur zou zijn, hetgeen niet het geval bleek. Sowieso beschouwde Ulrich zich in zijn positie in Frankfurt als 'wetenschappelijk geïsoleerd'.⁴⁹ Uit verschillende brieven blijkt hoe zijn kijk op de ontwikkeling van natuurkundig onderzoek verschildte van die van de directie: zijn aanvragen voor apparatuur, tijdschriften en extra ondersteuning voor wetenschappelijk personeel werden steevast afgewezen.⁵⁰ De hele situatie had de directie ertoe gebracht hem ontslag aan te zeggen. Uit het veld geslagen door dit slechte nieuws vroeg Ulrich om uitstel van een jaar vanwege zijn aanstaande huwelijk. Dat werd toegestaan.

Ook Van 't Hoff, die meer wilde weten over de situatie van zijn aanstaande schoonzoon, had contact opgenomen met de directie en te horen gekregen dat het niet nodig was om het huwelijk uit te stellen: 'Het zou altijd nog mogelijk zijn dat de heer Behn toch zijn baan zou kunnen behouden.'⁵¹ En inderdaad werkte Ulrich de volgende maanden hard om meer publiek naar zijn lezingen te krijgen. Dat deed hij vooral door deze een veel minder wetenschappelijk karakter te geven. Bijna trots vermeldt Van 't Hoff dat er bij een lezing van zijn schoonzoon over luchtvaart op 25 november 'geen plaats leeg was'.⁵² Hij drukte Ulrich verder op het hart geen overhaaste beslissingen te nemen en zijn baan niet zelf op te geven,⁵³ maar benaderde in de eerste maanden van het nieuwe jaar toch een aantal collega's om aanbevelingsbrieven voor posities aan universiteiten waarvan hij wist dat ze binnenkort vrij zouden komen.⁵⁴ In diezelfde periode vroeg hij Ulrich af en toe metingen te doen die hij nog nodig had om het onderzoek aan de zouten af te kunnen ronden. Deze samenwerking zou resulteren in een gezamenlijk artikel.⁵⁵ Maar de inspanningen van Ulrich om zich in Frankfurt wat populairder te maken bleken tevergeefs. Hij kreeg te horen dat hij per eind maart 1906 zou worden ontslagen, opnieuw op een voor hem persoonlijk erg slecht moment, namelijk enkele dagen voordat Jenny zou bevallen van hun eerste kind. Omdat het ont-

slag hem echter niet schriftelijk was aangezegd, tekende hij bezwaar aan tegen dit besluit, waarop de directie, die het ook niet op een rechtszaak wilde laten aankomen, clementie toonde: Ulrich kreeg uiteindelijk schriftelijk per 1 oktober 1906 zijn ontslag.⁵⁶ Het moeten hectische dagen zijn geweest in het gezin Behn aan de Heinestrasse in Frankfurt. Hun dochtertje Ännchen,⁵⁷ Van 't Hoff's eerste kleinkind, werd op 10 april 1906 geboren – Van 't Hoff zelf was op dat moment onderweg naar Napels om de uitbarsting van de Vesuvius te gaan aanschouwen.



*Verlovingsfoto van
Jenny van 't Hoff en
Ulrich Behn.*

Nadat het gezin in de herfst uit Frankfurt was vertrokken en in Berlijn was teruggekeerd, wist Ulrich een beurs te bemachtigen aan de Victoria Universiteit van Manchester, in de onderzoeksgroep van de van oorsprong Duitse natuurkundige Arthur Schuster. Daar had hij drie jaar eerder ook al een tijdje onderzoek gedaan op een beurs van de Royal Society. Helaas moest Jenny begin oktober achterblijven bij haar schoonfamilie in Kiel, vanwege de gezondheid van Ännchen. Niet verwonderlijk maakte Van 't Hoff zich flink zorgen over de situatie van zijn dochter en schoonzoon. Aan Arrhenius schreef hij: 'Als God eens een ogenblik vrij heeft om aan mijn belangen te denken, laat hij dan Dr. Behn een vaste aanstelling bezorgen.'⁵⁸ Zijn bede werd verhoord, want in juli 1907 kreeg Ulrich een baan als tweede assistent bij Nernst aan de Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlijn. Dolgelukkig bracht Jenny sr. het goede nieuws over aan haar schoonmoeder: 'Het is heerlijk dat Ulrich nu toch

naar Berlijn komt. Ze zullen wel ver weg gaan wonen, daar onze buurt heel duur is, maar ik kan ze toch dan meer zien. Ik heb nu geloof ik al geschreven dat hij assistent wordt bij professor Nernst, en meer privatdocent.⁵⁹ Het jonge gezin betrok een woning in Nikolassee, in het zuidwesten van Berlijn, dat door de recente opening van een station goed bereikbaar was vanuit de stad. Zo leek alles toch goed te zijn gekomen.

In dezelfde periode had ook Van 't Hoff's tweede dochter Aleida (die in huiselijke kring meestal Zus werd genoemd) de ware gevonden. In tegenstelling tot haar oudere zus was zij geen studiehoofd en was het voor haar na de middelbareschoolopleiding bij Frau Klockow wel genoeg wat scholing betreft. Zij bracht haar dagen door bij haar moeder thuis, legde bezoeken af, nam Franse les en deed mee aan muziekuitsvoeringen, want ze kon goed zingen. Ze had alleen geen sterk gestel – al vanaf haar jeugd was ze veel ziek en naarmate ze ouder werd, kreeg ze steeds vaker last van migraine. Maar 'niet-tegenstaande veel dat haar moet kwellen, [is ze altijd] behulpzaam en flink'⁶⁰ en 'even vriendelijk en opgewekt'.⁶¹ Toch begon op den duur de leegte in haar bestaan haar tegen te staan. Op 1 maart 1906 – ze was toen 24 – noteerde Van 't Hoff in zijn dagboek: 'Aleida plaagt zich over het geluk... Ik raadde haar te lezen Spruyt's "De groote wijsheid uit alle tijden"'.⁶² Niet lang hierna diende zich de verlossing aan in de persoon van de Amerikaanse fysioloog Charles Snyder. Hij was in 1905 gepromoveerd bij Jacques Loeb aan de Universiteit van Berkeley en daarna met een beurs naar Berlijn gekomen, waar hij onderzoek deed naar de invloed van temperatuur op fysiologische processen zoals het hartritme of de zenuwgeleiding.⁶³ Bij een diner in huize Van 't Hoff, waarvoor hij samen met twee andere buitenlanders was uitgenodigd, sprong de vonk over.⁶⁴ Het verhaal ging later dat hij nogal vergeetachtig was, en ook al een week te vroeg bij de Van 't Hoff's op de stoep had gestaan, maar dat had gelukkig geen consequenties.⁶⁵ Charles en Aleida verloofden zich op 15 augustus 1907, trouwden een jaar later en vertrokken naar Baltimore, waar Charles op Johns Hopkins University een positie had gevonden.⁶⁶

Een onfortuinlijke schoonzoon

Eind augustus 1907 werden Jenny en Ulrich verrast door een brief uit Amerika. Het betrof een uitnodiging aan Ulrich voor een positie aan het net opgerichte Geophysical Laboratory in Washington DC. Zoals we in hoofdstuk 16 zagen, werd daar, geïnspireerd door het zoutonderzoek van Van 't Hoff, met behulp van fysische en chemische methoden onderzoek gedaan naar de vorming van gesteenten.⁶⁷ Van 't Hoff kende de eerste directeur van dat laboratorium, Arthur Day, goed. Day had gestudeerd bij Kohlrausch – was zelfs getrouwd met een van zijn dochters – en had tot 1900 in Berlijn gewerkt. De twee waren ook tijdens Van 't Hoff's eerste reis naar de Verenigde Staten in 1901 samen opgetrokken in New York. Dat betekende echter niet dat het aanbod

aan Ulrich door Van 't Hoff was geïnstigeerd. Hij zag de positie wel als 'een werkelijk zeer aanneembare aanbieding', en raadde Ulrich aan 'met Nernst te spreken en de woningkeus niet als bezwaar te beschouwen'.⁶⁸ Hij verklaarde zich zelfs bereid de huur van het huis in Nikolassee, waarvoor al een verplichting voor een jaar was aangegaan, te betalen, indien het tot een verhuizing mocht komen. Maar bij nader inzien veranderde hij van gedachten en vond hij het, zoals Jenny sr. aan haar schoonmoeder schreef:

een waagstuk om met vrouw en kind naar Amerika te trekken, zonder meer van die betrekking af te weten. Alleen gaan, zoo als professor Kohlrausch voorstelde zou wel het allerlaatste zijn, waartoe Ulrich op dit oogenblik kon besluiten. Ten eerste zijn ze nu zoo lang uit elkaar geweest dat dit wel heel hard zou zijn voor beide, en niet geheel noodzakelijk, daar hij juist een kleine betrekking heeft aangenomen. En ten tweede moet Jen in Jan[uari] weêr bevallen, en zou het dus ellendig voor haar zijn om alleen te zijn.⁶⁹

Day wilde binnen tien dagen een antwoord hebben en het feit dat Jenny opnieuw zwanger was maakte de beslissing nóg ingewikkelder. Wat in Van 't Hoff's overwegingen ongetwijfeld meegespeeld zal hebben, is dat hij de zeereis erg gevaarlijk vond. Eerder zagen we al dat hij bij zijn reizen naar Amerika in 1901 en 1904 een capsule met cyanide bij zich had gehad, om er in geval van nood snel een einde aan te kunnen maken. Dat zijn zwangere dochter zich op zee aan gevaren moest blootstellen, zal hem enorm hebben verontrust. Eind van het liedje was dat Ulrich aan Day liet weten dat hij vanwege de aanstaande bevalling pas eind 1908 zou kunnen komen. Maar dat was te laat en dus ging de baan aan zijn neus voorbij.⁷⁰

De discussies over een mogelijk vertrek naar de Verenigde Staten leidden tot behoorlijk wat spanning. Bovendien werden ze bemoeilijkt doordat Van 't Hoff in het sanatorium verbleef en niet in Berlijn was. Op deze periode terugkijkend, noteerde Van 't Hoff in zijn dagboek: 'Gewandeld met Ulrich; gevoel dat ik hem dikwijls hetzelfde van vroeger heb gezegd. Day's brief gelezen; schijnt nog eenige kans te hebben, blijft liever hier'.⁷¹ Voor hem was de kwestie dus afgedaan, Ulrich en Jenny bleven in Nikolassee en Ulrich zou tweede assistent worden in het fysisch-chemisch laboratorium van Walther Nernst. Dat betekende niet dat hij tevreden was over de positie van zijn schoonzoon, evenmin als hij dat was over de positie van Aleida's aanstaande echtgenoot Charles Snyder. Toen hij net het verzoek van Charles had gekregen het volgend jaar met zijn dochter te mogen trouwen, schreef hij aan zijn moeder:

Het zal wel een wat moeilijke beslissing zijn, want zijn positie is nog niet bepaald schitterend, maar, hoewel ik met Ulrich in dezen geen gelukkige ondervinding opdeed, geloof ik dat het toch maar het beste is den grooten

stap niet tegen te houden als ik de verantwoordelijkheid niet al te groot vind.⁷²

Tijdens de jaarwisseling beviel Jenny van een tweede dochtertje, Toni.⁷³ Ulrich probeerde nog iets bij Day gedaan te krijgen, maar dat liep op niets uit.

En toen kwam de volgende teleurstelling: Nernst liet Ulrich weten dat hij niet in aanmerking zou komen voor een promotie tot *Abteilungsleiter* in het fysisch-chemisch instituut in Berlijn. Die positie was sinds 1906 bekleed door de Duitse chemicus Max Bodenstein, die daarnaast buitengewoon hoogleraar was aan de Friedrich-Wilhelms-Universität. Hij zou echter begin 1908 uit Berlijn vertrekken om hoogleraar elektrochemie te worden aan de Technische Hochschule in Hannover. Als tweede assistent van Nernst had Ulrich verwacht door te kunnen schuiven, maar dat zou dus niet gebeuren. Volgens Van 't Hoff kwam dat omdat 'beiden met elkaar niet zoo goed opschoten als voor een zoo intiemen samenwerking noodig was'.⁷⁴ Nernst gaf de voorkeur aan iemand van buiten, Julius Sand uit München, met wie hij al een jaar had samengewerkt in Göttingen. Die kon weliswaar hoogleraar worden in München, maar gaf de voorkeur aan Berlijn. Een paar weken na die teleurstelling schreef Ulrich aan Van 't Hoff, die op dat moment weer even een paar weken in Sülzhayn verbleef om 'schoon' te worden, dat hij erover dacht 'de wetenschap met ooftteelt te verwisselen'.⁷⁵ Zo'n relativerende opmerking lijkt erop te wijzen dat hij berustte in zijn lot, maar niets was minder waar. De onzekerheid over zijn toekomst hield hem meer bezig dan wie dan ook had kunnen vermoeden.

Half april 1908 vertrok Jenny sr. voor een paar weken met Aleida naar Italië. Die had zich de maanden ervoor erg zwak gevoeld. Een speciale Lahmannkuur⁷⁶ had weinig geholpen en met het oog op het voorgenomen huwelijk dacht Jenny dat het goed voor haar zou zijn om in de zon van Rapallo aan de Italiaanse Riviëra wat aan te sterken. Van 't Hoff was alweer een ruime maand daarvoor teruggekeerd uit Sülzhayn en bestierde met hulp van Han, Goof en de dienstboden het huishouden. En toen sloeg het noodlot toe: in de middag van zaterdag 2 mei 1908, terwijl er niemand in huize Van 't Hoff aanwezig was, maakte een wanhopige Ulrich in de badkamer van zijn schoonvader met een pistool een eind aan zijn leven. Op het briefje dat hij achterliet stond slechts: 'Verzeihe den Schmutz.' Het dagboek uit deze periode is verdwenen, uit de familiecorrespondentie is elke verwijzing naar het gebeuren verwijderd. De enige buitenstaander tegenover wie Van 't Hoff zich over deze ramp heeft uitgelaten is Cohen:

Wij hier teeren zoo'n beetje op de Pechkurve; mijn arme schoonzoon heeft zich zoo misrekend, en gedacht zijn omgeving een dienst te doen waar hij een onvoorstelbare leegte ons berokkent; de oorzaak was de me-

dedeling, door Nernst, dat hij niet opvolger zou worden van Bodenstein. Ulrich's toestand was daardoor volstrekt niet hopeloos geworden; alleen geloof ik dat hij het gevoel had dat zijn weggaan voor de achtergeblevenen materieel gunstig was en wij hem spoedig zouden vergeten, omdat toch de meeste mensen het met hem niet vinden konden. Eén uur onderhoud met mij had alles veranderd, want ik hield veel van hem, en wij stonden uitstekend; het is intreurig.⁷⁷

En in een brief twee weken later:

Den slag, die ons getroffen heeft, heb ik zelf moeten opvangen, want mijn vrouw en Aleida waren aan de Rivièra; ik was, met de jongens t'huis, en daar heeft in onze afwezigheid de arme Ulrich zijn daad volvoerd. [...] De jongens heb ik voor alle akeligheid bewaard, door alles zelf te redden tot alles voor de begrafenis gereed was, en deze heb ik begeleid naar Hamburg, zoodat, toen 's avonds de afwezigen terugkwamen, niets zichtbaars meer overgebleven was.⁷⁸

Later zou hij zeggen dat in deze verschrikkelijke tijd het geloof voor hem uitkomst had geboden en hij 'licht gevonden had in de religieuze gedachte "Oordeelt niet, opdat gij niet geoordeeld wordt".⁷⁹

Om Jenny jr. te steunen huurden Jenny sr. en Aleida in Nikolassee een etage onder die van Ulrich en Jenny jr. Van 't Hoff bleef in Berlijn. Het zal geen verbazing wekken dat door al deze gebeurtenissen zijn gezondheid weer achteruit was geheld: 'Alle verschijnselen waren n.l. in mei geweken, maar toen begon het te weerlichten in den long en ik moet nu zorgen dat de wind niet onder den bui komt; op het oogenblik valt of staat de geheele familie met mij'.⁸⁰ Om weer wat bij te komen, ook met het oog op het aanstaande huwelijk van Aleida en Charles, dat was uitgesteld tot begin augustus, vertrok Van 't Hoff voor twee weken naar Hasserode in de Harz, niet ver van het sanatorium in Sülzhayn, om daar wat te herstellen, maar dat had weinig resultaat. Terug in Berlijn gaf hij voortdurend bloed op, wat hij verborg voor zijn gezinsleden, de koorts bleef en zijn gewicht was en bleef laag. Ook was de gifbeker in dit nieuwe rampjaar 1908 nog niet helemaal leeg, want begin oktober overleed zijn jongste broer Lambertus na een korte ziekte.⁸¹ Van 't Hoff was niet in staat om naar Rotterdam af te reizen en de begrafenis bij te wonen. Er waren slechts twee kleine lichtpuntjes dat jaar, een eredoctoraat in Heidelberg en zijn benoeming tot *Geheimrat*, een speciaal adviseur van de keizer,⁸² maar zelfs die eretitel kon hem niet echt bekoren: 'Geheimrat geworden, beter laat dan nooit voor Jenny. Welke redenen van vertraging?'⁸³ Later verzuchtte hij zelfs dat het gezien zijn gezondheid beter was geweest voor de benoeming tot Geheimrat te bedanken, maar dat hij dat niet had gedaan voor Jenny.⁸⁴

Van 't Hoffs zonen

De jeugd van jongste zoon Govert (Goof) verliep geruisloos en zonder veel problemen. Hij speelde viool en toneel, tenniste en was net als Van 't Hoff geboeid door vlinders en andere insecten, die ze tijdens vakanties en uitstapjes met het hele gezin probeerden te vangen. In Berlijn bezocht hij net als Han het gymnasium, waar hij het wel lastig had, wat Van 't Hoff en zijn echtgenote af en toe zorgen baarde. Ze probeerden hem zo goed mogelijk te helpen en steunden hem in zijn buitenschoolse activiteiten. Een brief van een leraar die Van 't Hoff meedeelde dat hij 'het afkeurt dat een zwak discipel deelneemt aan een feest tot na middernacht' werd door Van 't Hoff in zijn dagboek vermeld met de toevoeging 'Prullenmand'.⁸⁵ Dat jaar ging Goof toch over en, enigszins tot verbazing van zijn vader, nog zonder *Admonition* ook,⁸⁶ maar het volgend jaar bleef hij zitten. Dat hij daardoor het directe contact met zijn beste vrienden verloor, was duidelijk een reden om het wat serieuzer aan te pakken. In september 1907 schrijft Van 't Hoff aan zijn moeder: 'De huiselijke zorgen beperk ik tot het waken erover dat Goof in zijn examentijd behoorlijk ongestoord wordt gelaten en ditmaal niet zakt'.⁸⁷ Dat lukte, hij kwam uiteindelijk als negende van achttien leerlingen uit de bus.⁸⁸ Zo kwam het eindexamen dichterbij:

Over een half jaar wordt Goof nu ook al student! Bij al zijn drukte helpt hij ook nog een kleine jongen bij zijn werk. Het is aardig om zoo geanimeerd te leven, zoo als hij doet; gisteren was hij bijvoorbeeld vol van een bijzondere vogel die hij gezien had. Zijn oude vrienden hebben dezer dagen het eindexamen gemaakt, en het is, oppervlakkig beschouwd wel jammer dat hij nu nog een half jaar op school moet blijven; hij heeft er echter nu geen spijt meer van omdat hij sedert een jaar (of misschien 1½ jaar) met zoo veel plezier heeft leren werken.⁸⁹

Begin september 1908, hij was toen net negentien jaar oud, kwam het goede nieuws: hij was geslaagd, of zoals Van 't Hoff het zelf formuleerde: 'Ik ben zeer dankbaar dat ik voor Goof nog de laatste Vaderplichten heb kunnen vervullen; nu ben ik "fein heraus"'.⁹⁰ Net als zijn oudere broer ging Goof medicijnen studeren aan de Albert-Ludwig Universität in Freiburg. Ook daar maakte hij vele vrienden en hij haalde zonder enig probleem zijn examens. Na het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog nam hij dienst als militair arts. In april 1914 was hij in die functie gestationeerd in Brussel,⁹¹ maar sinds 23 augustus 1918 staat hij geregistreerd als vermist bij Bapaume, département du Pas-de-Calais.

Ten slotte oudste zoon Henri (Han). Al vanaf zijn vroegste jeugd maakte hij het zijn ouders en grootouders lastig. Zo liet moeder Van 't Hoff weten na een logeerpartij in Rotterdam (Han was toen drie jaar oud):



Familiefoto met van links naar rechts Jenny sr., Aleida, Govert en Han.

Het is een aardig, maar een moeilijk kereltje, die naar mijne meening streng moet worden behandeld, [...] telkens tracht hij er naar te zien hoe ver hij 't brengen kan met eigen wil in de weegschaal te doen overhellen tegen dien van anderen; dat geeft onophoudelijke onrust, en ik ben er zeker van dat hij, flink wetende waar 't toestaat, waaraan hij zich te houden heeft, rustiger en gelukkiger zou zijn.⁹²

Opvallend is hierbij dat ze in dezelfde brief verwijst naar het gedrag van Van 't Hoff als kind, dat door háár moeder op de bewaarschool in Middelharnis gecorrigeerd was (zie hoofdstuk 1). Toen Han een jaar of zes oud was, begon hij met nagelbijten en sprak ook zijn moeder al over hem als een kind dat 'zich zoo zenuwachtig aanstelt en geen oogenblik stil is'.⁹³ Op school was hij een buitenbeentje en deed hij het niet zo goed, al bleek hij de vragen van de meester wél te kunnen beantwoorden wanneer deze hem apart nam.⁹⁴ Waar er over de andere kinderen meestal niets dan goeds te melden was, bleven door de jaren heen verwijzingen naar het zenuwachtige en opstandige gedrag van Han terugkomen: 'Hij is moeilijk en heeft veel strijd; [...] ik geloof altijd en word hierin telkens, als hij bij ons is, meer en meer versterkt, dat hij behoefte heeft aan veel affectie-vertoon, maar niet minder aan flink gezag, zoodat hij niet zanikt, en op zijn stuk blijft staan, maar [dat] altijd in hem leeft het bewustzijn, dat hij geen baas is en het dus de zaak is voor hem hoe eer hoe beter zijn wil te onderwerpen aan wie boven hem staat.'⁹⁵

Zijn schooltijd in Berlijn op het gymnasium verliep zonder veel ophef, maar nadat hij het zomersemester van 1903 met zijn studie geneeskunde in Freiburg was begonnen, namen de ergernissen over zijn gedrag weer toe: hij kwam nauwelijks naar huis, ondanks smeekbeden van zijn moeder dat ze hem toch graag weer eens zou zien, en schreef alleen als hij geld nodig had.⁹⁶ Na een jaar Freiburg gaf hij zijn ouders bovendien te kennen dat hij liever in een grote stad verder wilde studeren. Daarvoor kwamen er op dat moment drie in aanmerking, München, Berlijn en Leipzig, zo keek Van 't Hoff later in een brief aan Ostwald terug op zijn beslissing: 'Ik had het als goede vader zo zorgvuldig overwogen: [...] in München is te veel bier, in Berlijn te veel meisjes en daarom viel de keuze op Leipzig, waar dan ook nog onze goede betrekkingen bovenop kwamen.'⁹⁷ De goede betrekkingen waar hij hier op doelde, waren die met de familie Ostwald, waar Han een kamer betrok. Maar dat liep verkeerd af. Begin januari 1905 stuurde Ostwald een brief aan Van 't Hoff over een persoonlijke kwestie. Han had in een gesprek met Ostwald en diens vrouw laten weten dat hij hun dochter Elsbeth 'innig liefhad, en dat hij hen om toestemming vroeg haar dat te vertellen en daar de overeenkomstige consequenties uit te trekken.'⁹⁸ Hij had haar blijkbaar nog nooit over zijn gevoelens verteld. Nadat Ostwald van zijn dochter had begrepen dat die niet wederzijds waren, had hij dat per brief aan Han meegedeeld. Of zoals Ostwald schreef aan Van 't Hoff: 'Ik hoef niet toe te voegen dat ik gelukkig en trots geweest zou zijn, wanneer onze betrekkingen door een familieband nog nauwer waren geworden.'⁹⁹

Van 't Hoff zat met deze kwestie behoorlijk in zijn maag en vond dat zijn zoon de gastvrijheid van de Ostwalds misbruikt had. Han nam hierop het initiatief en schreef half februari vanuit Leipzig aan zijn vader, dat het voor hem ongunstig was om in Leipzig te blijven vanwege colleges die op hetzelfde uur zouden vallen en dat het geen opzien zou baren wanneer hij het vijfde semester ergens anders ging studeren. Hij zou dat het liefst in Berlijn doen, maar liet de beslissing daarover aan zijn vader:

Ik schrijf dit alles, om niet den indruk te maken, alsof ik voor 't examen bang ben. U ziet dat ik het op tijd wil doen en ik geloof zelfs, dat ik er door zal komen. Ik wil er al mijn energie aan geven.¹⁰⁰

Zijn terugkeer naar Berlijn leidde een erg onrustige periode in.¹⁰¹ Hij werkte thuis aan zijn *Physikum*, een in Duitsland binnen de studie medicijnen vereist tussenexamen, en had daarbij hulp en aandacht nodig, terwijl hij volgens Van 't Hoff sowieso 'ook als persoon niet makkelijk te hanteren [was]'.¹⁰² Nadat hij geslaagd was,¹⁰³ zette hij zijn studie voort in München, waar hij dan ook zijn dienstplicht zou moeten vervullen. Op advies van Von Miller zou hij dat het beste kunnen doen 'in het eerste artillerieregiment, waarin

dit jaar zeer veel jongelieden uit vooraanstaande families aangemeld zijn.¹⁰⁴ Maar vanwege zijn studie kreeg hij uitstel.¹⁰⁵ De verandering van omgeving leek hem goed te doen: '[Thuis] vind ik Han, die den vorigen avond uit München gekomen is, genoeglijk musiceren met Goof.'¹⁰⁶ Maar in het nieuwe jaar verviel hij weer in zijn oude gedrag. Voortdurend bedelde hij bij zijn vader om meer geld. 'De morgen begon met een brief van Han [...]. Aanhef gemoedelijk "deficiente pecu[nia] deficit omne".¹⁰⁷ Ik ken geen Latijn, maar dacht dat is zeker in het Hollandsch "opdokken".¹⁰⁸ Hij raakte keer op keer in een depressie,¹⁰⁹ leed aan stemmingswisselingen: 'Ik vind hem afwisselend, dan goed, dan weêr zenuwachtig en abnormaal; gisteren was hij niet heel wel, maar vandaag weêr beter'¹¹⁰ en daarbij begon het idee ooit als arts te moeten werken, hem tegen te staan. Eigenlijk had hij liever taalkunde willen studeren, maar dat was hem blijkbaar door zijn ouders afgeraden: met een grootvader en twee ooms die ook arts waren, was de studiekeuze waarschijnlijk min of meer voorbestemd geweest.

In mei 1906 trok Han zich tijdens een vakantie een maand lang terug in de Harz, om over zijn toekomst na te denken. Zijn moeder zocht hem daar op om met hem te praten en Van 't Hoff deed nog een manmoedige poging om hem zijn studie te laten voortzetten: 'Als de medische praktijk hem blijft tegenstaan, [moet] hij denken over combinatie der medische wetenschappen met bacteriologie of chemie; in die richting is heel wat te doen.'¹¹¹ Maar ten slotte werd toch besloten dat hij met de medicijnenstudie zou stoppen. En zo begon hij het wintersemester 1906 aan een studie filologie in Berlijn, wat uitliep op een drama. Hij haalde zijn tentamens niet, had bijles Engels nodig van Jenny en meldde zich keer op keer ziek. Enigszins cynisch noteerde Van 't Hoff op 24 november in zijn dagboek: 'Han heeft bij Roethe [hoogleraar Duitse filologie in Berlijn] twee goede antwoorden gegeven.'¹¹² Hoe nu verder? Zo kwam de zoölogie in beeld. Met hulp van de Nederlandse zoöloog Paulus Hoek, die Van 't Hoff nog kende van de Akademie van Wetenschappen, wist hij in de zomer van 1907 – vanuit het sanatorium – een stageplaats voor zijn zoon te regelen op een zoölogisch onderzoeksstation op Helgoland voor de studie van de lokale flora en fauna. Daar zou hij eerst eens kunnen bepalen of de zoölogie wel écht zijn belangstelling had. Zeker is dat hij het er in die maanden goed van nam. In bijna alle berichten over zijn verblijf daar wordt wel vermeld dat zijn geld op was en dat er weer een postwissel diende te worden verzonden. Hoewel (of misschien wel 'omdat') er in de zomerperiode geen cursussen of colleges gegeven werden en onderzoekers veelal afwezig waren, had hij het er zo naar zijn zin dat hij besloot om voor de zoölogie te kiezen, aan de Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlijn.

Opnieuw leek de verandering hem goed te doen. Zo kon Jenny aan Van 't Hoff in Sülzhayn melden: 'Ik vind hem nogal heel wel, en hij heeft volmondig verklaard dat de studie hem interesseert; de eerste dagen is hij ook uit

zichzelf opgestaan.¹¹³ Maar een maand later vond hij de colleges ‘veel te gemakkelijk’,¹¹⁴ werkte daarom niet veel meer en ‘[verscheen] eerst om kwart over elf op de vlakke, wanneer ik destijds mijn hoofdwerk al achter den rug had.’¹¹⁵ Als hij een tentamen niet haalde, lag dat niet aan hem, maar had hij gewoon pech gehad ‘dat het ongemerkt alleen op schedels aankwam.’¹¹⁶ Daarbij liet hij zich een glas wijn goed smaken en trof Van ’t Hoff hem meer dan eens aan in het Akademie-café.¹¹⁷ Vervelend was ook dat hij erg slecht met Aleida en Goof kon opschieten, en hen het leven thuis voortdurend zuur maakte. Dit blijkt ook uit een opmerking van Van ’t Hoff’s broer Jacob in een brief aan zijn moeder:

naar mijn oordeel [is] zijn [Van ’t Hoff’s] huisgezin niet een ideaal milieu voor een zieke: ben ik toch goed ingelicht, dan is het nog al eens hommelles tusschen de 2 jongens hetgeen hem irriteert als zoodanig en bovendien noodzaakt om telkens de vermoeiende en ondankbare rol van vredester te vervullen, [en] is bovendien de guitige maar zeer onbesliste persoonlijkheid van Jenny Sr. allerm minst geschikt om leiding te geven aan een bepaalde manier van leven.¹¹⁸

Dat Van ’t Hoff erg met het gedrag van zijn zoon in zijn maag zat, volgt wel uit de vele verwijzingen in zijn dagboeken: Han is ‘lastig’, hij ‘moppert’, of is ‘niet op stemming’ en aan Cohen schreef hij dat hij ‘in Berlijn bleef om Han en Goof uit elkaar te houden.’¹¹⁹ Toen Van ’t Hoff begin december 1907 het verzoek kreeg uit Wenen om voor de *Neue Freie Presse* een opinieartikel te schrijven over de groeiende invloed van de katholieke kerk op het bestuur van de universiteit, stelde hij Han voor hier samen aan te werken. Hoewel hij alweer enkele weken daarvoor was teruggekeerd uit het sanatorium en zijn gewone werk weer had opgenomen, vormde het schrijven van dit artikel toch een extra belasting en kwam enige hulp hem goed uit. Het zou Han bovendien een paar weken een betekenisvolle taak opleveren en in ruil voor zijn hulp mocht hij het honorarium in eigen zak steken.¹²⁰ Maar ook deze poging liep op niets uit: ‘De samenwerking voor de *Neue Freie Presse* eindigt in een groot en algemeen gevecht.’¹²¹ Van ’t Hoff schreef het artikel uiteindelijk zelf.

In de zomer van 1908 keerde de rust in huize Van ’t Hoff voor even terug toen Han een aantal maanden stage liep op een zoölogisch onderzoeksstation in Napels¹²² – Van ’t Hoff vertrok direct voor een tijdje naar de Harz om bij te komen –, maar zodra Han terugkeerde uit Italië ging het wéér mis. Veelzeggend is een opmerking van Van ’t Hoff aan Jenny: ‘Ik slaag er tot nu toe in hem, bij demonische aanvallen, af te leiden.’¹²³ Jenny heeft het zelfs over ‘moeilijke omgang met een “half krankzinnige”’.¹²⁴ Han bleef vooral Aleida het leven zuur maken, omdat hij gekant was tegen haar relatie met Charles Snyder, en toen hij een paar weken experimenten deed in het laboratorium

van zijn vader, liet hij niet alleen een chaos achter, maar dreef hij Van 't Hoff's Laboratoriumdiener Gohlisch zózeer tot wanhoop, dat deze na meer dan tien jaar trouwe dienst ontslag nam.¹²⁵ Ook Van 't Hoff was bij tijd en wijle ten einde raad: 'Wij of ik hebben [de kinderen] niet weten bij te brengen die elementen van handigheid en wereldkennis, die voor het slagen zoo veel meer waard zijn dan alle wijsheid en deugd.'¹²⁶ En nauwelijks twee maanden later vanuit de Harz, waar hij opnieuw voor enige weken in de zomer naartoe was vertrokken om wat bij te komen: 'Ik verwijt mij wel eens dat we de kinderen niet genoeg toegerust hebben voor het leven door ze alleen te voorzien met braafte en niet met berekening.'¹²⁷

Van 't Hoff was voor zijn kinderen niet de wijze leidsman en raadgever zoals zijn vader dat wel voor hem was geweest. Vanwege zijn drukke bezigheden, waar in zijn laatste jaren zijn ziekte nog eens bovenop kwam, gaf hij hun ook veel vrijheid, iets waar ongetwijfeld ook Jenny sr. een belangrijke rol in speelde. Zij wilde bijvoorbeeld niet dat de kinderen al op jonge leeftijd naar school zouden gaan, maar hield ze liever wat langer thuis. In zekere zin had Van 't Hoff van zijn ouders ook die vrijheid gekregen: zijn studie aan drie verschillende universiteiten, met tussendoor twee buitenlandse stages, was verre van standaard. Maar waar vader en moeder Van 't Hoff er bij hem en de andere zoons steeds bovenop zaten en de vinger aan de pols hielden, lukte dat in huize Van 't Hoff niet. Zoals Van 't Hoff's broer Jacob al vaststelde, was Jenny daar met haar vriendelijke en zachte karakter niet echt voor in de wieg gelegd. Bovendien zal het ook niet eenvoudig zijn geweest voor zijn (schoon)-zoons om in de schaduw van de grote Van 't Hoff een eigen weg te vinden. Goof slaagde daar nog het beste in, evenals Charles, al speelde hierbij misschien een rol dat die laatste samen met Aleida in Baltimore 'uit het zicht' was. Illustratief is wellicht dat Van 't Hoff zich in maart 1910 beklaagt over 'Aleida's lange zwijgen' en verzucht: 'Kinderen zijn zeer wreed.'¹²⁸ Ten aanzien van Ulrich heeft er binnen de familie lang het idee bestaan dat Van 't Hoff te weinig zou hebben gedaan om hem te steunen, wat onterecht lijkt. Ulrich was een lastig man, die het voor zichzelf niet gauw goed kon doen, maar die wel volledig kon rekenen op de steun van zijn schoonvader. Bij Han ten slotte liep het echt volledig uit de hand, maar dat had waarschijnlijk alleen met vroegtijdige psychiatrische hulp kunnen worden voorkomen.

Toch waren er ook perioden dat het ook met Han wat beter ging, hij plezier had in zijn studie, en zijn best deed 'om in de stemming te blijven'.¹²⁹ In oktober 1910 slaagde hij er zelfs in een eigen onderzoek af te ronden, naar de omzetting van de brandstof *glycogeen* in de borstspieren van rustende en vliegende duiven.¹³⁰ Hij analyseerde de bewegingen van de duiven door vleugelslagen te tellen en berekende de hoeveelheid arbeid die de duiven daarbij hadden geleverd. Vervolgens berekende hij hoeveel energie de omzetting van het glycogeen had opgeleverd en of dat voldoende was voor de waargeno-

men activiteit. Van 't Hoff had hem geholpen met de achterliggende theorie en hem vervolgens gestimuleerd alles op te schrijven en als *Inaugural Dissertation* (een soort proefschrift) in te dienen. Dat had nog heel wat voeten in de aarde, want Han was niet altijd tot veel activiteit te bewegen en bracht voornamelijk tijd in bed door, wat zijn zuster Jenny tot de uitspraak bracht 'dat zij zich niet begrijpen kon hoe weinig iemand, die een dissertatie bewerkt, moet werken.'¹³¹ Toch kwam het proefschrift klaar en werd het geaccepteerd door de Berlijnse hoogleraar in de zoölogie, Franz Schulze, en zijn collega in de fysiologie Max Rubner. En tot verrassing van iedereen verdedigde Han zijn werk op 9 december 1909 met verve, hetgeen hem net als zijn vader in 1874, een magna cum laude opleverde.¹³²

Van 't Hoff probeerde vervolgens een assistentschap voor hem te regelen bij twee Duitse zoölogen, maar kreeg nul op rekest.¹³³ Ook een poging om zijn zoon een permanente positie te bezorgen in het onderzoeksstation op Helgoland mislukte. Han bracht eerst een paar maanden (maart-juni 1910) door in Napels en verbleef daarna gedurende de zomermaanden (juli-augustus 1910) op Helgoland, in beide gevallen op een tijdelijke positie als assistent. Maar nadat zijn vader in maart 1911 was overleden, ging het definitief mis. Op 25 mei 1913 werd hij opgenomen in Sanatorium Neubabelsberg bij Berlijn en aldaar werd hij op 3 januari 1914 wegens geestesziekte onder curatele gesteld. In 1919 verhuisden Jenny sr. en Jenny jr. met haar twee kinderen naar Nederland, waar ze eerst bij familie in Rotterdam introkken. Omdat de familie berooid uit de oorlog was gekomen, konden ze alleen met geld van de familie Mees een huis in Warnsveld kopen. Een jaar later kwam ook Han naar Nederland. Hij werd er verpleegd in het gesticht Voorburg in Vught. De kosten daarvan, zo'n 1800 gulden per jaar, werden ook betaald door de familie Mees. In 1920 omschreef een arts Han als 'levend als een plant zonder veel besef. Vroeger hoorde hij stemmen.' Hij overleed op 10 maart 1943 in de Willem Arntsz Hoeve, de psychiatrische inrichting in Den Dolder.¹³⁴

Bescheiden, beminnelijk en blijmoedig

In de eerste plaats moet er niet onnoodig gevreesd worden over die paar bacillen van mij; ge weet dat ik het in het ergste geval voor een gunstige lotsbeschikking zou houden in de Bijbelsche jaren, na voor de mijnen gezorgd te hebben, door een zoo zachten sluimerzang van de aarde te worden weggevoerd. – J.H. van 't Hoff¹

En toch maar weer door

Begin 1909 was Van 't Hoff zo goed en zo kwaad als het ging begonnen met experimenten aan enzymen uit planten. Hij deed dat nog altijd in zijn eigen laboratorium in de Düsseldorfer Strasse. Eind maart had hij in de Akademie het tweede en laatste deel van zijn boek over zijn zoutonderzoek gepresenteerd: 'Goddank laatste woord daarover,'² zo noteerde hij in zijn dagboek. Hij was toen net terug uit Rotterdam waar hij halsoverkop heen was getreind, omdat zijn moeder erg ziek was geworden. Het was de laatste keer dat ze elkaar zouden zien. Het verlies van haar jongste zoon Lambertus een paar maanden daarvoor had haar alle levenslust ontnomen. Ze overleed op 20 mei, zonder dat Van 't Hoff daar bij was: '[Ik] zou gegaan zijn, als moe, tegenover den vroeger geuite wensch, dat ik er in de laatste oogenblikken niet bij zijn zou, een wenk had gegeven.'³ In tegenstelling tot de relatie met zijn vader, die tot op het allerlaatst zeer goed was geweest, zou je uit deze opmerking kunnen opmaken dat er tussen moeder en zoon een zekere verwijdering had plaatsgevonden. Dat wordt bevestigd door een volgende dagboek aantekening, een dag later:

[Ik] schreef aan Johan, dat ik [...] naar Rotterdam [zou komen] als ik een wenk van de familie kreeg. Laatste brieven van Moe samengezocht; langzamerhand is onze verstandhouding beter geworden, die waarschijnlijk gestoord was door onmatigheid mijnerzijds, welke zij ontzettend veroordeelde en zich wellicht overdreven dacht; dan ook zal mijn opvatting omtrent wat in de vrouw aantrekt, iets dat geheel persoonlijk is, door haar zijn afgekeurd. Langzamerhand is in die verhouding verandering gekomen; wat ik in haar gemist heb deed ik misschien ook anderen niet geworden.⁴

Naast alle ellende van het voorgaande jaar trok ook deze emotionele gebeurtenis weer een zware wissel op Van 't Hoff's gezondheid. Eind mei besloot hij daarom samen met Jenny een paar weken vakantie te nemen en te proberen in Hasserode in de Harz tot rust te komen en te herstellen. Naast aandacht voor zijn gezondheid was daar ook gelegenheid om weer eens samen te zijn, schreef Jenny, even vrij van alle zorgen om de kinderen, zoals vroeger:

misschien bracht ons dit reisje weêr wat dichter bij elkaar. Thuis is daarvoor in de laatste jaren minder gelegenheid, ten minste zoo beschouwt ge het, geloof ik, en we waren in zoo veel jaren niet samen buiten. Ik vind het lief van je om mij voor te stellen meê te gaan en ben blij dat ik het gedaan heb, niet alleen omdat ik het voorjaar buiten heb gezien, maar ook om het geheel.⁵

Terug in Berlijn ging hij gestaag verder met het enzymonderzoek, maar drie maanden later vertrok hij alweer naar Hasseroode, dit keer zonder Jenny, die naar Amerika was vertrokken om Aleida bij te staan na de geboorte van haar dochtertje Anna Aleida. Op doktersadvies moest hij tot zijn grote spijt afzeggen voor de viering van het 25-jarig jubileum van Arrhenius' doctoraat en zijn theorie van de elektrolytische dissociatie. Hij stuurde vanaf zijn vakantieadres nog wel een felicitatietelegram en leverde natuurlijk ook een bijdrage aan de *Jubelband*, die in twee delen (van in totaal 1300 pagina's!) in het *Zeitschrift* verscheen.⁶

In november lag er een eerste artikel over zijn nieuwe onderzoeken. Het waren duidelijk niet meer dan inleidende beschietingen, want in het hele stuk komt nog geen enzymreactie voor.⁷ Maar zoals altijd was hij uiterst systematisch, stap voor stap te werk gegaan. In een brief aan Cohen zette hij zijn plannen uiteen.⁸ Allereerst wilde hij op een betrouwbare manier de ligging van een chemisch evenwicht kunnen bepalen voor een reactie waarbij nauwelijks warmteontwikkeling optreedt. Dat was namelijk ook het geval voor de enzymreactie die hij wilde bestuderen, de vorming en het uiteenvallen van een *glucoside*, een verbinding van een alcohol en een suiker. Volgens zijn eigen theorie zou dat betekenen dat het evenwicht zo goed als in het midden zou moeten liggen, met een evenwichtsconstante gelijk aan 1. Om dit aan te tonen had hij eerst voor een eenvoudiger te bestuderen evenwicht gekozen van een 'gewone', niet door een enzym gekatalyseerde reactie: de vorming van een ester uit een alcohol en een zuur, onder afsplitsing van water. Bij deze reactie komt ook maar een zeer geringe hoeveelheid warmte vrij en inderdaad bleek de evenwichtsconstante ongeveer 1 te zijn. Het werd een vruchtbare maand, want hij leverde bij zijn uitgever Vieweg ook het eerste deel in van wat zijn laatste boek zou worden, een uitgave van zijn Berlijnse collegedictaat. Aanvankelijk werd als titel gekozen voor *Grundriss der allgemeinen Chemie*, maar het werk zou (postuum) verschijnen onder de titel *Die chemischen Grundlehren nach Menge, Mass und Zeit*. Omdat het boek bij zijn dood nog niet helemaal klaar was, had Vieweg Cohen gevraagd om het af te maken.⁹ Deze had dit beleefd van de hand gewezen en gesuggereerd om de twee nog ontbrekende hoofdstukken gewoon weg te laten.¹⁰ Hetgeen geschiedde.¹¹

Alsof alle drukte van het werk aan deze publicaties nog niet genoeg was, was het ook om andere redenen verre van rustig. Er moest bijvoorbeeld van alles



De Noorse blokhut in Dahlem waar Van 't Hoff zijn laatste onderzoeken aan planten-enzymen uitvoerde.

geregeld worden voor zijn nieuwe laboratorium in Dahlem. Daartoe had hij met eigen geld een Noorse blokhut gekocht die hij eventueel later ook hoopte te kunnen gebruiken als vakantiewoning in zijn zo geliefde Zwarte Woud.¹² Maar naast het huis zelf, was er een water- en een gasleiding nodig voor het doen van zijn experimenten en moest ook de verhuizing van alle apparatuur vanuit het laboratorium in de Düsseldorfer Strasse nog worden geregeld. Omdat de levering van de blokhut op zich liet wachten, kreeg hij begin 1910 tijdelijk experimenteerruimte toegewezen in het Instituut van zijn collega, de fysioloog Hermann Thoms.¹³ Pas half juni kon hij met het onderzoek in Dahlem beginnen. Daarnaast hadden Jenny en hij besloten ook zelf te verhuizen naar een kleinere woning in de Filandastrasse 9 in Steglitz, vlak bij de nieuwe woning die Jenny jr. met haar beide dochttertjes had betrokken. Ook die verhuizing diende te worden geregeld. Ten slotte had eind 1909 zijn broer Johan aangekondigd ontslag te nemen bij het 'Scheikundig, hygiënisch en bacteriologisch laboratorium en instituut Dr. H.J. van 't Hoff en L. Weeda' in Rotterdam, waar hij sinds 1903 aan verbonden was geweest.¹⁴ En zoals Van 't Hoff zich op last van zijn ouders zijn leven lang al bekommerd had om zijn jongere broers, hield ook deze kwestie hem meer bezig dan misschien wel goed voor hem was: 'Het donkere punt is nu Johan,'¹⁵ schreef hij terugkijkend op het bijna afgelopen jaar in zijn dagboek. Hij vroeg Cohen of deze niet kon regelen dat Johan in de Suikercommissie zou worden benoemd, waar een plaats was vrijgekomen door het overlijden van Van 't Hoffs vroegere Utrechtse studiegenoot G.W.J. Bremer.¹⁶ Een concurrent voor de positie was de Amsterdamse chemicus Van Dorp, die 'als rijk met aardse goederen gesteund Amsterdammer toch werkelijk niet nog een extra steun van Rotterdam uit

behoeft, terwijl Johan er zoo geheel anders bijstaat'. Van Dorp werd benoemd, maar Johan trok tot grote opluchting in Berlijn zijn ontslagaanvraag in, en bleef nog tien jaar lang verbonden aan het laboratorium dat mede zijn naam droeg.

Geen wonder dus dat Van 't Hoff in 1910, net als het jaar ervoor in mei en augustus naar Hasserode vertrok om bij te komen van het drukke Berlijnse leven. Daar werkte hij onder andere aan een Gedächtnisrede voor zijn vriend en collega Hans Landolt, die op 15 maart 1910 was overleden. Van 't Hoff had, zeker in de tijd dat hij zijn *Voorstel* had geschreven, veel steun van Landolt ondervonden, die als een van de weinigen het belang en de juistheid van Van 't Hoff's overwegingen over het asymmetrisch koolstofatoom had ingezien. In 1896 waren ze collega's geworden als hoogleraar scheikunde aan de Friedrich-Wilhelms-Universität en was er ook een goede band gegroeid tussen beide families. Landolt had in 1901 Van 't Hoff voorgedragen voor zijn Nobelprijs en omgekeerd had Van 't Hoff zowel in 1909 als in 1910 Landolt genomineerd, zij het beide keren tevergeefs – Landolt zou de prijs nooit krijgen. Om al deze redenen zal Van 't Hoff het als zijn plicht hebben gezien om zijn oude vriend tijdens de traditionele Leibniz-zitting van de Akademie op 30 juni te herdenken en wees hij het aanbod van Nernst af om deze taak van hem over te nemen, ondanks alle drukte en zijn eigen, wankelende gezondheidstoestand.¹⁷ Tijdens zijn vakantie in de Harz deed hij er alles aan om informatie te verkrijgen over Landolt's leven en werk, dat meer dan vijftig jaar had omvat en hem in vele plaatsen in Duitsland had gebracht. Om meer te weten te komen over Landolt's vroege jaren, waarin hij onder andere met Bunsen in Heidelberg had gewerkt, schreef hij ook een aantal voormalige collega's aan.¹⁸ Zijn inspanningen werden beloond en hij leverde een prachtige en ook zeer persoonlijke toespraak over de 'Altmeister der physikalischen Chemie'.¹⁹ Natuurlijk wijdde hij een groot deel ervan aan Landolt's wetenschappelijk werk, maar hij liet dat volgen door een heel persoonlijk en zelfs humoristisch stuk over de mens Landolt, kalm en wijs, vrolijk en vriendelijk, en altijd hardwerkend. Fischer reageerde met een kort briefje aan Jenny:

Ik heb niet eens de laatste zittingen van de Akademie bijgewoond, en alleen uit de krant opgemaakt hoe humoristisch uw echtgenoot het aandenken aan Landolt gevierd heeft. Daar zal de oude heer zich in de hemel zeker nog over verheugen. Fischer²⁰

De laatste maanden

Intussen was Van 't Hoff in zijn blokhut zo goed en zo kwaad als het ging doorgegaan met experimenteren. De temperatuur was er moeilijk te regelen, hij had er last van ratten en muizen en af en toe stond het werk wel erg ver af van wetenschappelijke onderzoeken: 'Werk sedert vrijdag in den tuin' of een paar dagen later: 'Weer eens naar het blokhuis, straatje aangelegd'.²¹

Eind september kwam Arrhenius op bezoek, op de terugweg van een congres in Brussel. Die moet erg zijn geschrokken:

Van 't Hoff maakte ook op mij aanvankelijk een erg treurige indruk. Zijn stem, die vroeger zo vol klonk, leed nu onder een afschuwelijke heesheid. Hij moest bijna de gehele dag blijven liggen op een chaise longue. [...] Daarover zei hij mij later: 'De mensen denken natuurlijk dat iemand lui is als ze hem zo zien liggen. Maar ik lees er altijd bij en dat gaat even goed liggend als zittend.' Ik troostte hem door te zeggen dat ik ook veel meer liggend gelezen heb dan zittend. Maar ik zag wel dat als hij las, hij snel moe werd en het boek weglegde. Ongetwijfeld moet hij zich buitengewoon ontzien om zijn gezondheid niet te verslechteren.²²

Toen Arrhenius vertrok, stond Van 't Hoff erop hem te vergezellen naar het Stettiner Bahnhof in Berlijn. Dat gaf hem weer eens een reden om naar de stad te gaan. Ze dronken er nog een paar glazen bier, en volgens Arrhenius kwam Van 't Hoff's oude natuur weer een beetje boven:

Zijn ogen glansden en hij had humoristische invallen en sprak ongevoond levendig. 'Ik heb een groot offer gebracht aan mijn kleinkinderen, toen ik (vanwege de tuin) vanuit de stad naar Steglitz verhuisde,' zei hij en hij vond het jammer dat we niet wat langer bij elkaar konden blijven: 'We worden immers nu snel ouder, vooral ik,' zei hij weemoedig.²³

Van 't Hoff moet hebben gemerkt dat Arrhenius getroffen was door de slechte gezondheid van zijn vriend, want volgens hem hing er 'een lichte schaduw over jouw aanwezigheid hier, alsof je vervuld was van iets wat mij betrof, wat niet ter sprake kon komen. [...] Ik vraag je daarom, als ik mij niet vergis, je hart uit te storten.'²⁴ Maar Arrhenius hield wijselijk de kaken op elkaar. ...

Inmiddels was Van 't Hoff's onderzoek zo voorspoedig verlopen, dat hij er een tweede mededeling voor de Akademie aan kon wijden, dit keer over echte enzymreacties.²⁵ De maanden ervoor had hij de vorming en splitsing gevolgd van verschillende glucosiden onder invloed van het enzym *emulsine*.²⁶ Om die metingen te kunnen duiden, refereerde hij aan werk van de Russische chemicus Menschutkin, dat hij ook lang geleden al in zijn *Ansichten* had behandeld. Menschutkin had voor de vorming van esters uit een alcohol en een zuur vastgesteld dat de ligging van het evenwicht sterk beïnvloed werd door het soort alcohol (primair, secundair of tertiair) dat de reactie met het zuur aanging. Alleen voor secundaire alcoholen lag het evenwicht in het midden en was de evenwichtsconstante gelijk aan 1, hetgeen ook theoretisch te verwachten is op grond van de geringe warmteontwikkeling bij deze reactie. Bij tertiaire alcoholen daarentegen, werd slechts 10 procent ester gevormd,

terwijl voor primaire alcoholen het evenwicht weer bijna volledig aan de kant van de ester lag.²⁷ Van 't Hoff stelde bij drie verschillende 'tertiaire' glucosiden vast, dat ook hier onder invloed van een enzym het glucoside grotendeels werd opgesplitst in zijn moleculaire bouwstenen. Hoewel hij geen natuurlijke, primaire glucosiden tot zijn beschikking had, kon hij voor een door Fischer gesynthetiseerd, 'kunstmatig' glucoside aantonen dat dit nauwelijks uiteenviel, analoog aan de resultaten van Menschutkin bij esters. Het enzym had blijkbaar geen invloed op de ligging van het evenwicht, maar zorgde er wel voor dat dit zich sneller kon instellen. Net als de resultaten beschreven in zijn eerste mededeling over enzymen, waren ook dit nog steeds niet meer dan inleidende experimenten om het gedrag van enzymen in kaart te brengen. Aan het laatste deel van zijn programma, het daadwerkelijk experimenteren met enzymen uit planten is Van 't Hoff niet meer toegekomen.

De laatste maanden van 1910 was zijn gezondheidstoestand nog zodanig dat hij kon werken en in beperkte mate aan allerlei verplichtingen kon voldoen. De eerste *Kali-Hauptversammlung*, waar de verschillende onderzoeksgroepen hun resultaten op het gebied van het zoutonderzoek presenteerden, moest hij echter aan zich voorbij laten gaan.²⁸ Een telegram met groeten en beterschapswensen namens alle deelnemers beantwoordde Van 't Hoff op de voor hem karakteristieke, humorvolle wijze: 'Jammer genoeg moest ik verstek laten gaan. Hoewel mijn hart bij jullie was, mochten mijn longen niet mee.'²⁹ Ter herinnering aan het werk van Van 't Hoff hadden alle deelnemers een afbeelding gekregen van een vindplaats van het mineraal *vanthoffiet* in Stassfurt. Dat bracht Van 't Hoff tot de volgende observatie: 'Het was voor mij een echte verrassing uw reproductie van de vindplaats van het vanthoffiet te krijgen. Op het zoutonderzoek heeft altijd een zegen gerust, en ik heb voortaan van mijn Doornroosje, die zelfs nog langer geslapen heeft dan in het sprookje, een stille afbeelding, zonder de onrust waartoe een eenmaal wakker gemaakt vrouwspersoon zo nu en dan aanleiding geeft.'³⁰

Wel was hij nog aanwezig op het grote staatsbanket ter ere van het honderdjarig jubileum van de Friedrich-Wilhelms-Universität,³¹ maar een reis naar Utrecht om daar de 25ste verjaardag van zijn theorie van de osmotische druk te vieren was te veel gevraagd. Sprekers daar waren Cohen en De Vries.³² Van 't Hoff toonde zich van tevoren al wel enigszins beducht 'voor overdrijving bij vriend Cohen',³³ hetgeen bewaarheid werd door de inhoud van een briefkaart die hij een dag later ontving:

Is de gulden zon weer in het oosten opgegaan?
 Heeft keizer Zeus weer voor U munt laten slaan?
 Voor een nieuwe uitvinding door u gedaan?
 En moeten wij buiten, in de kou, blijven staan?
 Om al zwoegend aan 't dagelijksche werk te gaan?

Wij zijn toch gelukkig ermee, en zeer trotsch,
en blijven op u bouwen als op een rots.³⁴

Net voor het einde van het jaar legde hij nog de laatste hand aan een artikel over 'Onderzoek en Onderwijs',³⁵ maar de aantekening in zijn dagboek daarover is veelzeggend: 'Opstel voor de Ingenieur afgewerkt, laatste krachten.'³⁶ Het nieuwe jaar kon niet slechter beginnen toen hij er naast zijn longproblemen nog een blindedarmonsteking bij kreeg. Gewoontegetrouw stuurden hij en Arrhenius elkaar aan het eind van het jaar een *Prosit Neujahr!*, maar dit jaar was deze van Jenny afkomstig met de mededeling: 'Mein Mann ist krank.'³⁷ Met haar hulp was hij er net nog in geslaagd de drukproeven van het eerste deel van zijn laatste boek, *Die chemischen Grundlehren*, voor Vieweg te corrigeren, maar daarmee was de energie ook wel verbruikt. Een lichtpuntje was nog de toekenning van de Helmholtz-medaille, maar die kon hij evenmin persoonlijk in ontvangst nemen.

Zelf had hij nog het plan gehad om naar Nederland te komen en in de bossen rond Zeist en Doorn, waar hij zulke goede herinneringen aan had, te herstellen en daar vooral zijn eetlust te hervinden. Zijn gewicht, dat eind 1910 nog rond de 150 pond had geschommeld, was in het nieuwe jaar snel afgenomen. De allerlaatste aantekening in zijn dagboek, op 17 februari 1911, was het getal 128½, zijn gewicht op dat moment.³⁸ Toen zijn broer Jacob, zelf arts, een week later in Steglitz arriveerde, was het hem direct duidelijk 'dat er voor hoop geen plaats meer was'.³⁹ Overdag was Van 't Hoff weliswaar nog goed aanspreekbaar, al was zijn stem hees en had hij nauwelijks energie, maar 's nachts was hij erg onrustig. Op 28 februari kreeg hij 's middags plotseling hoge koorts, die gedurende de nacht enigszins week, maar de volgende dag terugkwam, waarna hij op 1 maart om vijf uur 's middags kalm en vredig overleed.

Het was zijn wens dat er geen wake zou worden gehouden in zijn huis in Steglitz en dat ook zijn crematie zich in stilte zou voltrekken. Vier dagen later werd in het crematorium Ohlsdorf in Hamburg, waar ook zijn vader was gecremeerd, een dienst gehouden voor de overledene in aanwezigheid van familie, een beperkte groep vrienden en enige vertegenwoordigers van organisaties waar hij lid van was geweest.⁴⁰ Zo was namens de Technische Hogeschool in Delft Van 't Hoff's oude vriend Martinus Beijerinck aanwezig. De herdenking begon met een Fantasie uit het D-mol kwartet van Schubert, gespeeld op het orgel. Vervolgens hield Henri du Bois, een in Berlijn werkzame Nederlandse natuurkundige, een toespraak namens de Koninklijke Akademie van Wetenschappen en de Nederlandse kolonie in Berlijn en deed Berthold Rassow hetzelfde namens de Verein Deutscher Chemiker. Als vertegenwoordiger van de Nederlandsche Chemische Vereeniging herdacht een zichtbaar ontroerde Ernst Cohen ten slotte zijn leermeester en vriend en legde hij bovendien een krans. Ook waren er kransen van de Deutsche Chemische Gesellschaft, het

Koninklijk Instituut van Ingenieurs, de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, van de Friedrich-Wilhelms-Universität en van de Verein Deutscher Chemiker. Nadat oudste zoon Han ten slotte de aanwezigen had bedankt, daalde de kist onder de klanken van het Largo van Händel.⁴¹

Een groot chemicus

In de dagen na de dood van haar echtgenoot ontving Jenny condoleancebrieven van onder meer Le Châtelier, Ramsay en Richards, terwijl vanuit Nederland alleen Pieter Zeeman reageerde en Van Deventer dat deed vanuit zijn standplaats in Nederlands-Indië. Waarom zo opvallend weinig collega's hun deelneming betuigden, is een raadsel. Het lijkt onwaarschijnlijk dat reacties van bijvoorbeeld Arrhenius, Fischer of Ostwald niet zouden zijn bewaard. Alle Nederlandse kranten besteedden in de eerste week van maart aandacht aan het overlijden van de 'grootte chemicus, dien we nog zoo gaarne een groot Nederlander blijven noemen'.⁴² Naast aandacht voor zijn ontdekkingen stond men stil bij zijn bescheiden persoonlijkheid, hulpvaardigheid en beminnelijk karakter.⁴³ Ook veel buitenlandse kranten besteedden aandacht aan zijn overlijden, niet alleen die in Duitsland, maar ook in Engeland, Frankrijk, en Oostenrijk. Walther Nernst roemde specifiek zijn grote eenvoud,⁴⁴ terwijl Ostwald in de *Frankfurter Zeitung* schreef: 'We dienen Van 't Hoff te waarderen als een van die allergrootsten, wier denken een nieuw hoofdstuk opent in de wereldgeschiedenis'.⁴⁵ In de daaropvolgende maanden verscheen in zo ongeveer elk wetenschappelijk tijdschrift van enige naam en in vele landen van Europa en de Verenigde Staten wel een necrologie. Cohen schreef er zes,⁴⁶ Jorissen⁴⁷ en Harry Jones⁴⁸ elk drie.

Op 14 mei 1911 werd er door de Deutsche Chemische Gesellschaft een grote herdenkingsplechtigheid gehouden in de nieuwe aula van de Berlijnse universiteit. Men had gekozen voor deze net gereedgekomen aula, omdat het daarvoor meestal gebruikte Hofmann-Haus van de vereniging de grote toestroom van genodigden niet aan zou kunnen. Het spreekgestoelte was versierd met het portret dat Rudolf Schulte im Hofe twee jaar daarvoor gemaakt had.⁴⁹ Nadat de bijeenkomst geopend was met het 'Requiem Aeternam' van Jomelli heette de voorzitter van de Gesellschaft, Carl Liebermann, de gasten welkom, waarna Wilhelm Ostwald een lange Gedächtnisrede hield. Veel van wat hij over zijn vriend vertelde had hij tot in detail ontleend aan de biografie die Cohen in 1899 (ter ere van het jubileum van Van 't Hoff's promotie) het licht had doen zien en die ook in het Duits was uitgegeven.⁵⁰ Desondanks was het een welgemeende afscheidsgroet, waaruit de warme gevoelens van vriendschap zoals die tussen hem en Van 't Hoff waren gegroeid tijdens hun jarenlange, gezamenlijke strijd voor de fysische chemie, naar voren kwamen. De bijeenkomst werd afgesloten met Bachs 'Gib dich zufrieden', gezongen door

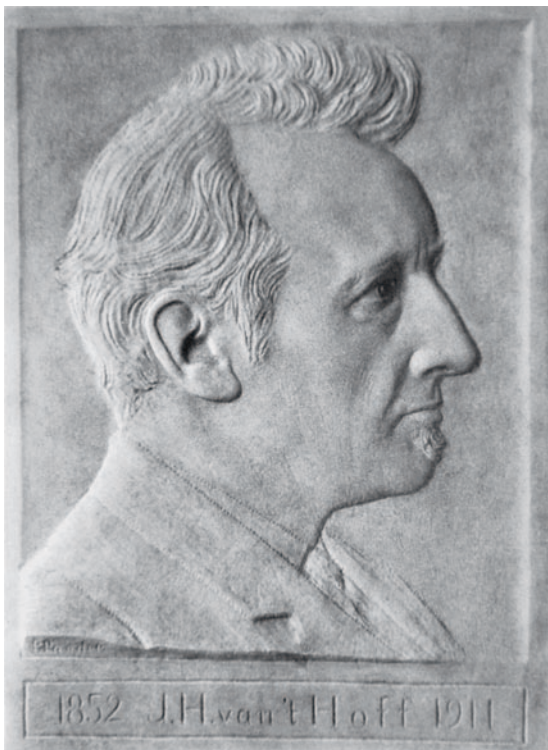


*Grafurn van Van 't Hoff
op het Friedhof Dahlem
in Berlijn.*

het koor van de Koninklijke Opera.⁵¹ Ook in de Akademie werd Van 't Hoff's overlijden herdacht. Hier was het Emil Fischer die de Gedächtnisrede hield. Samen met Planck was hij een van de grote voorvechters geweest om Van 't Hoff naar Berlijn te krijgen. Want 'hoewel incidenteel misbruik van de theorie der oplossingen door al te ijverige aanhangers tegenspraak kon uitlokken', had hij vanaf het begin het grote belang ingezien van de 'nieuwe chemie' die door het werk van Van 't Hoff en Arrhenius tot volle wasdom was gekomen.⁵² Aan het eind van zijn rede somde Fischer nog eens de belangrijkste kenmerken op van zijn vriend en collega, 'de grootste theoretisch scheikundige van de tweede helft van de negentiende eeuw':

Bescheidenheid ten aanzien van zijn eigen prestaties, blijmoedige erkenning van de verdienste van anderen, een afkeer van polemieken en holle frasen, een koddig gevoel voor humor en een eenvoudige levenswandel vormden de belangrijkste kenmerken van zijn persoonlijkheid.⁵³

Ten slotte ging ook in Engeland het overlijden niet zonder aandacht voorbij. Daar hield James Walker op uitnodiging van de Chemical Society de Van 't Hoff Memorial Lecture.⁵⁴



Plaquette uit 1911 van de hand van Pier Pander in het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht.

Vlak na het bekend worden van het overlijden waren op uitnodiging van professor Holleman in Amsterdam⁵⁵ hoogleraren en medewerkers van het Scheikundig Laboratorium bijeengekomen om te kijken op welke wijze hulde gebracht kon worden aan de nagedachtenis van hun overleden leermeester. Van 't Hoff had te kennen gegeven dat hij absoluut niet wilde dat zijn verzameld wetenschappelijk werk werd uitgegeven.⁵⁶ Vervolgens werd gedacht aan het oprichten van een gedenkteken in de hoofdstad, en daarvoor was geld nodig. Daarom werd eind maart een eerste oproep verzonden aan zo'n vijftig binnen- en buitenlandse natuurwetenschappers en natuurwetenschappelijke organisaties en genootschappen. Onder grote bijval kon op 28 april 1911 al worden overgegaan tot de vorming van een comité van zo'n honderd leden uit alle windstreken onder erevoorzitterschap van Lorentz. Intussen had ook Ernst Cohen het initiatief genomen om in het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht een plaquette aan te brengen.⁵⁷ Deze werd vervaardigd door de Nederlandse beeldhouwer Pier Pander.⁵⁸ Binnen het bestuur van het Amsterdamse comité waren de meningen echter verdeeld over de beste manier waarop Van 't Hoff hulde gebracht kon worden. Daarom werd besloten zowel geld in te zamelen voor een gedenkteken als voor een op te richten fonds waaruit scheikundig onderzoek zou kunnen worden gesteund.

Daartoe ging op 30 juni een brief uit in het Nederlands, Frans, Duits en Italiaans, terwijl in Engeland het bestuur van de Chemical Society een inschrijving opende, met het verzoek geld bij te dragen 'om den naam van Van 't Hoff ook buiten den kring zijner vakgenooten [te] doen voortleven [...] en hem ter eere, de verdere ontwikkeling der scheikunde te bevorderen.'⁵⁹ Hoewel het comité Amsterdam als meest geschikte plaats had bestemd voor een op te richten gedenkteken – hij had er zijn belangrijkste ontdekkingen gedaan en het langst gedoceerd – werd al snel duidelijk dat het plan binnen de Amsterdamse gemeenteraad op weinig sympathie kon rekenen. Vandaar dat werd uitgeweken naar Van 't Hoff's geboortestad Rotterdam, waar de autoriteiten wél tot medewerking bereid bleken. Omdat men vond dat er ook in Amsterdam iets diende te gebeuren, kreeg de Nederlandse beeldhouwer Charles van Wijk de opdracht tot het vervaardigen van een plaquette voor de grote collegezaal van het Scheikundig Laboratorium in de hoofdstad. Die werd in december 1913 zonder veel officiële plichtplegingen bevestigd.⁶⁰

Intussen hadden vijf beeldhouwers de opdracht aangenomen om tegen een vergoeding van 500 gulden een gedenkteken te ontwerpen. Hun budget was 25.000 gulden. Ook was al een geschikte plaats uitgekozen, het plein voor de hbs aan de 's-Gravendijkwal. Van 't Hoff was weliswaar leerling geweest van de Rotterdamse hbs, maar had nooit les gehad in het betreffende gebouw, omdat dit pas in 1906 in gebruik was genomen. De keuze van het ontwerp viel uiteindelijk op de inzending van (opnieuw) Charles van Wijk. Het toont Van 't Hoff, hoog op een sokkel, zittend in een stoel en voor zich uitkijkend, met beide handen op de knieën, en in de rechterhand een rol die symbool staat voor de vele voordrachten die hij hield. Het beeld wordt geflankeerd door twee vrouwenfiguren, van wie de linker, 'met opgeheven hand en omhooggerichte blik', de Verbeeldingskracht symboliseert, en de rechter, meer in zichzelf gekeerd en nadenkend, de Rede voorstelt, 'die [...] de waarnemingen, door de praktijk geleverd, ordent.'⁶¹ Op de voorkant van de sokkel waarop de zittende Van 't Hoff troont, is onder zijn naam en jaartallen de inscriptie *PHYSICAM CHEMIAE ADIUNXIT* aangebracht, 'Hij heeft de natuurkunde met de chemie verbonden.' Aan beide zijanten zijn een aantal belangrijke wapenfeiten uit zijn leven opgesomd, terwijl aan de achterkant een reliëf is aangebracht dat zijn privélaboratorium toont in het oude laboratorium aan de Groenburgwal in Amsterdam.

De verwachting was dat het monument in het najaar van 1914 kon worden onthuld, maar daar stak de Eerste Wereldoorlog een stokje voor. Toen de oorlog uitbrak, bevond het gipsmodel zich namelijk al in Brussel waar het zou worden gegoten. Pas na ingrijpen van de Duitse consul in Rotterdam gaven de Duitse autoriteiten in België toestemming om het beeld te gieten en naar Nederland te vervoeren. Verder moest het voor de sokkel bestemde graniet uit Duitsland komen, wat opnieuw tot vertraging leidde. Vanwege de



Onthulling van het Van 't Hoff-monument aan de 's-Gravendijkwal in Rotterdam op 17 april 1915.

oorlog kwam er van het plan om van de onthulling een internationaal gebeuren te maken, in aanwezigheid van vertegenwoordigers van alle genootschappen, chemische verenigingen en Akademies waarvan Van 't Hoff lid was geweest, niets terecht. Op 17 april 1915 verzamelden zich daarom uitsluitend Nederlandse hoogwaardigheidsbekleders op het plein voor de hbs, waar Holleman, als voorzitter van het Amsterdams Comité, een mooie rede hield, die vooral de persoon Van 't Hoff betrof, met de inmiddels in vele toespraken en necrologieën genoemde eigenschappen: zijn afkeer van polemieken, zijn bescheidenheid ten aanzien van zijn eigen ontdekkingen, de helderheid van zijn expositie, zijn afkeer van deftigheid en zijn bezonnenheid. Vervolgens was het de eer aan dochter Jenny om het beeld te onthullen, waarna nog toespraken en kransleggingen volgden van de burgemeester van Rotterdam, de directeur van de hbs en een aantal vertegenwoordigers van de Nederlandsche Chemische Vereeniging en de chemische kringen van Rotterdam en Leiden. Ter afsluiting dankte Van 't Hoff's broer Johan namens de familie 'voor wat er ter blijvende herinnering aan de nagedachtenis van Van 't Hoff tot stand was gebracht'. Na afloop van de plechtigheid trok het gezelschap naar de gymnastiekzaal 'waar onder een aantal opgehangen portretten van Van 't Hoff de thee gediend werd'.⁶² Datzelfde jaar zou Van 't Hoff als achtste eindigen in een door het weekblad *De Nieuwe Amsterdammer* uitgeschreven verkiezing van de Grootste Nederlander van de afgelopen vijftig jaar. Thorbecke eindigde als eerste, gevolgd door Jozef Israëls en Multatuli. Als grootste weten-

schapper moest van 't Hoff overigens zijn meerdere erkennen in zijn vriend en voormalige collega in Amsterdam Hugo de Vries, die op de vierde plaats eindigde.⁶³

Om naast het monument ook nog voldoende geld bijeen te brengen voor het oprichten van een 'Van 't Hoff Fonds', werd een beroep gedaan op de Nederlandse chemische industrie, die in ruime mate steun verleende. Naast de ongeveer 30.000 gulden die het monument had gekost,⁶⁴ kwam er nog eens 30.000 gulden beschikbaar voor de ondersteuning van toekomstig scheikundig onderzoek. Jaarlijks werden de rente- en dividendinkomsten uitgekeerd, zo'n 1200-1500 gulden. Het beheer over het fonds kwam in handen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, die een commissie van Nederlandse scheikundigen aanstelde om zich elk jaar over de binnengekomen voorstellen te buigen. Het duurde even voor de wetenschappelijke wereld het Fonds had ontdekt, maar vanaf de jaren twintig dienden elk jaar wel zo'n twintig tot dertig onderzoekers een voorstel in, waarvan er meestal vijf tot tien werden gehonoreerd. De aanvragen varieerden sterk: veel bouwden voort op het fysisch-chemisch onderzoek zoals dat door Van 't Hoff was begonnen: het bepalen van overgangspunten of verbrandingswarmtes, onderzoek naar de optische eigenschappen van verbindingen, of de vorming van zouten. Maar ook werd geld verkregen voor de aanschaf van apparatuur, chemicaliën, boeken of abonnementen. Opvallend is dat van alle voorstellen maar ongeveer één op de vijf uit Nederland afkomstig was. Met name Duitse onderzoekers wisten het Van 't Hoff Fonds makkelijk te vinden, al werden ook voorstellen uit de Verenigde Staten, Japan, tal van Europese landen en zelfs eentje uit China gehonoreerd.⁶⁵ Hoewel rond 1940 de rente-inkomsten daalden, bestaat het Fonds nog altijd. Vanaf 1957 organiseert het bestuur ook de Van 't Hoff Award Lectures, waarbij wetenschappers van internationale faam (onder wie vele (latere) Nobelprijswinnaars) worden uitgenodigd. Zo hield Ben Feringa de lezing in 2009 en werd de meest recente in 2019 gehouden door Frances Arnold, die het jaar daarvoor de Nobelprijs had gekregen.

Epiloog

Van 't Hoff was een dromer met een geest die uitsteeg boven de chemische platitudes en die het aandurfde nieuwe ideeën naar voren te brengen.

– Bernard Jaffe¹

De balans van een leven

Aan het eind gekomen van het levensverhaal van Jacobus Henricus van 't Hoff, de eerste Nederlandse Nobelprijswinnaar, is het tijd om de balans op te maken. Wat zijn we over deze intrigerende Nederlandse wetenschapper te weten gekomen? Zijn we in staat om de vragen die ik in de Inleiding ten aanzien van zijn leven en werk heb opgeworpen op een bevredigende manier te beantwoorden? Ik hoop in elk geval dat de voorgaande hoofdstukken hebben laten zien dat een biografie méér is dan een simpele levensbeschrijving en een bijzonder nuttig instrument kan zijn voor het doen van wetenschapshistorisch onderzoek. Door Van 't Hoff's leven en werk in te bedden in een bredere sociale, politieke en culturele context, werd het mogelijk om door zijn ogen een aantal interessante wetenschapshistorische kwesties de revue te laten passeren. Hieronder wil ik in het kort een drietal kwesties naar voren halen die dit illustreren: het fenomeen van disciplinevorming aan de hand van het ontstaan van de fysische chemie, de toenemende internationalisering in de tweede helft van de negentiende eeuw en het daarmee samenhangende universitaire benoemingsbeleid in binnen- en buitenland en als laatste, de veranderende relatie tussen onderwijs en onderzoek aan Nederlandse universiteiten.

We hebben gezien dat Van 't Hoff met zijn onderzoek aan de basis stond van een nieuwe subdiscipline binnen de scheikunde, de fysische chemie. Als geboortjaar van die fysische chemie wordt vaak het jaar 1887 aangenomen, maar in hoofdstuk 12 heb ik laten zien dat hier wel enige kanttekeningen bij te plaatsen zijn. Het jaar 1887 was ontegenzeggelijk een belangrijk jaar: het *Zeitschrift für physikalische Chemie* werd opgericht, het laatste deel van Ostwalds *Handbuch der allgemeinen Chemie* zag het licht en Ostwald zelf werd aangesteld als hoogleraar in de fysische chemie in Leipzig. Maar de eerste leerstoel voor fysische chemie in Duitsland dateerde al van 1870, en sowieso is voor de vestiging van een nieuwe discipline meer nodig dan een leerstoel, een tijdschrift of een handboek. Dit vereist een gezamenlijk vocabulaire waar het wetenschappelijk discours aan moet voldoen, een specifieke voorgeschiedenis, waarmee een soort van genealogie van een vakgebied kan worden gecreëerd, een gedeelde laboratorium- en collegepraktijk en gedeelde onderzoeksprojecten en -methoden, en niet in het minst maken ook de wetenschappelijke discussies over de *inhoudelijke* kanten van een discipline, de fysisch-chemische praktijk en theorieën, deel uit van het proces van disciplinevorming.²

Zo'n proces is veelal zwaarbevochten. Niemand zit te wachten op nieuwkomers die een beroep doen op toch al schaarse middelen en zo een bedreiging vormen voor gevestigde belangen. Niet alleen binnen het wetenschappelijke veld, maar ook daarbuiten moeten daarvoor medestanders worden geworven en moet er een maatschappelijk draagvlak worden gecreëerd. Dat laatste vergt niet alleen belangstelling voor de discipline, maar ook verwachtingen ten aanzien van de bruikbaarheid van daaruit voortvloeiende resultaten buiten het nieuwe vakgebied, hetzij in de industrie, hetzij in andere maatschappelijke sectoren of juist in naburige vakgebieden. Zonder steun van buiten krijgt een nieuw opkomend specialisme zelden de kans om uit te groeien tot een volwaardige discipline met eigen leerstoelen, instituten, tijdschriften en verenigingen. Een nieuwe discipline moet daarom verankerd raken, zowel binnen de wetenschappelijke wereld als in de bredere maatschappij. Ik heb in hoofdstuk 12 laten zien dat pas rond de eeuwwisseling de fysische chemie in deze zin op zichzelf kon staan, en dat het dus een versimpeling is om precies 1887 als hét geboortjaar van de fysische chemie te kenschetsen.

De ontwikkeling van de fysische chemie als een nieuw onderzoeksveld op het grensvlak van natuur- en scheikunde, dat uitgroeide tot een volwaardige tak van de scheikunde, oftewel een subdiscipline onder de paraplu van de scheikunde, is allerminst uniek in deze periode. Aan het einde van de negentiende en het begin van de twintigste eeuw ontstonden op de grenzen van de grote disciplines ook andere subdisciplines. Zo ontstond de biochemie op het grensgebied van biologie en chemie als een aanvankelijk heterogeen geheel van technieken en gemeenschappelijke onderzoeksvragen ten aanzien van enzymen.³ Evenzo zien we aan het eind van de negentiende eeuw een toenemende verzelfstandiging van de op het grensvlak van de wis- en natuurkunde gelegen 'mathematische fysica', die in de volgende eeuw als 'theoretische natuurkunde' een plaats zou opeisen in het hart van de natuurkunde, vooral door de stormachtige ontwikkelingen op het gebied van de quantumfysica.⁴

De tweede helft van de negentiende eeuw kenmerkte zich ook door een toenemende internationalisering binnen de wetenschap. Daardoor werd ook in Nederland het spanningsveld tussen een groeiend nationaal bewustzijn binnen een zich steeds meer internationaal ontwikkelende wetenschap steeds duidelijker voelbaar: nationale sentimenten gedijen nu eenmaal het best op een internationaal podium, terwijl nationale prestaties pas getoetst kunnen worden als er internationale standaarden zijn gedefinieerd. In de carrière van Van 't Hoff trad dit fenomeen op twee voor hem uiterst belangrijke momenten in zijn leven aan het licht. In beide gevallen vormden pogingen van Duitse universiteiten om hem te winnen voor een leerstoel buiten Nederland de aanleiding. Dat bezorgde hem veel spanning, niet alleen op het persoonlijke vlak, maar ook omdat hij worstelde met de vraag hoe daar als Nederlandse wetenschapper mee om te gaan. Hij had veel contacten met

wetenschappers in andere landen, gaf lezingen in het buitenland, maar had ook veel vaker buitenlandse conferenties willen bezoeken als zijn onderwijs-taak hem dat niet onmogelijk had gemaakt. Vergelijk dat eens met een aantal prominente Nederlandse collega's als Van der Waals en Lorentz.⁵ Zij bezochten voor 1900 zelden of nooit een internationaal congres en ontvingen evenmin veel buitenlandse bezoekers: 'Klaarblijkelijk was er ook nauwelijks behoefte aan internationale contacten. Men prefereerde de rust van de eigen studeerkamer.'⁶

Voor Van 't Hoff lag dat anders en kwamen de aanbiedingen uit Duitsland als een geschenk uit de hemel. Het eerste, uit Leipzig, wees hij nog af, nadat hem een nieuw laboratorium was beloofd in Amsterdam, maar acht jaar later viel hij na een maandenlang getouwtrek toch voor een prestigieus aanbod uit Berlijn. In het eerste geval toonde hij zich de ideale zoon: buitenlands eerbetoon was mooi, maar men diende zich daartegenover bescheiden op te stellen en het vaderland trouw te blijven. Dankzij het genereuze aanbod van Amsterdam voldeed hij aan de verwachtingen. Ook zijn collega De Vries was in 1881 niet ingegaan op een soortgelijk aanbod uit Berlijn, evenmin als Lorentz dat zou doen in 1905⁷ en, lang daarvoor, de Utrechtse fysioloog Donders, die zelfs tot twee keer toe een prestigieus aanbod uit Duitsland afwees.⁸ Maar in 1895 week Van 't Hoff af van die norm en daarom ook viel zijn vertrek naar Berlijn bij velen verkeerd, helemaal omdat hij de stad die hem een nieuw laboratorium had geschonken in de steek liet en er bovendien aan zijn vertrek een maandenlange discussie vooraf ging die vooral over geld ging. Daarmee laadde hij in elk geval de verdenking op zich dat hij te koop was. En of zijn vertrek hem uiteindelijk opleverde wat hij ervan verwacht had, is op zijn minst twijfelachtig te noemen.

Een groot deel van de onvrede over zijn positie in Amsterdam in 1895 werd veroorzaakt door de niet aflatende belasting die het onderwijs aan met name eerstejaarsstudenten hem gaf. Van 't Hoff kon goed college geven, maar zijn hart lag bij het wetenschappelijk onderzoek, bij het samen met een kleine groep 'gevoorderde studenten' blootleggen van de regels waaraan chemische reacties voldeden. In de voor hem zo cruciale periode rond zijn vertrek naar Berlijn hield hij in zijn openingstoespraak voor het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres een vurig pleidooi voor een gelijkwaardige rol voor het wetenschappelijk onderzoek en onderwijs aan Nederlandse universiteiten. Hoewel er met de Wet op het Hoger Onderwijs van 1876 meer ruimte was gekomen voor onderzoek aan universiteiten en ook veel meer hoogleraarsplaatsen waren gecreëerd – waar hij zelf ook van had geprofiteerd –, viel de praktijk toch anders uit en nam het onderwijs erg veel tijd in beslag. Dat werd hem op een zeker moment allemaal te veel. In Duitsland lag dat heel anders. Daar zorgde het Kultusministerium door benoemingen en het stichten van nieuwe laboratoria en onderzoeksinstituten

ervoor dat de nieuwe fysische chemie zo goed mogelijk aan universiteiten en onderzoeksinstituten vertegenwoordigd werd en onderzoekers kon gaan afleveren ten behoeve van de industrie. Het is opvallend dat Van 't Hoff's allerlaatste artikel, dat net voor zijn dood in 1911 werd gepubliceerd, opnieuw gewijd was aan dit onderwerp, en dat hij zijn Nederlandse publiek opnieuw moest wijzen op de situatie in zijn nieuwe vaderland, waar weer een aantal fundamentele stappen gezet was.⁹ Zo was in Berlijn besloten om met grote financiële steun van de Duitse chemische industrie en onder de paraplu van de Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft een aantal instituten op te richten, die niet alleen het wetenschappelijk onderzoek aan universiteiten een nieuwe boost zouden geven, maar waarvan omgekeerd ook de Duitse industrie later enorm zou profiteren. Nederland was nog niet zo ver. Daar ontstond pas tegen het einde van de Eerste Wereldoorlog, toen ons land door blokkades van de oorlogvoerende partijen in een economisch isolement was geraakt, het besef dat er een betere aansluiting moest komen tussen universiteiten en industrie.¹⁰

Van 't Hoff's wortels

Zoals reeds gememoreerd in de Inleiding zijn er sinds de dood van Van 't Hoff tal van artikelen en boeken verschenen, waarin de wetenschappelijke aspecten van zijn werk en van dat van zijn collega's tegen het licht zijn gehouden. Maar zeer sporadisch was er aandacht voor de persoonlijkheid van Van 't Hoff. In zekere zin is dat toe te schrijven aan de biografie van Cohen. Hij was de enige die toegang had tot het volledige persoonlijk archief en kon bovendien rekenen op medewerking van de familie. Maar hij besloot Van 't Hoff's persoonlijk leven zo goed als onbelicht te laten. Deze biografie voorziet in die omissie en toont bovendien de wisselwerking tussen Van 't Hoff's persoonlijkheid en de beslissingen die hij nam en de keuzes die hij maakte in zijn wetenschappelijke werk. Een vat vol tegenstrijdigheden, zo heb ik hem in de eerste pagina's gekenschetst. Dat die tegenstrijdigheden zijn geworteld in zijn jeugd is een open deur. Maar tot voor kort was er erg weinig bekend over de jaren waarin zijn persoonlijkheid gevormd werd, of over de relatie tot zijn ouders en zijn jongere broers. Met het beschikbaar komen van een grote hoeveelheid brieven uit het Van 't Hoff Huisarchief is daar nu veel meer over te zeggen. Maar ook de correspondentie met zijn echtgenote Jenny toont kanten van Van 't Hoff's persoonlijkheid die tot nu toe volledig onbekend en in elk geval onbesproken zijn gebleven.

Wanneer we allereerst Van 't Hoff's scholing en opleiding in ogenschouw nemen, dan valt het onorthodoxe karakter ervan op. Zijn ouders stuurden hem eerst naar een betrekkelijk dure privéschool in Rotterdam, waar zijn belangstelling en talent voor exacte vakken aan het licht trad. Zij hadden al vroeg door dat hij over speciale talenten beschikte:

van uwe jeugd af aan hebben we in u bijzondere geestes-gaven onderkend; 't was ons streven aan de ontwikkeling daarvan niet hinderlijk te zijn, en 't gevoel van vrijheid niet te onderdrukken.¹¹

Dat bleek eens te meer toen hij erin slaagde om van deze 'lagere school' in één keer over te stappen naar de vierde klas van de hbs, een uitstekende keuze voor iemand die verder wilde in de scheikunde: op de hbs was veel aandacht voor exacte vakken en sommige scholen hadden een beter ingericht laboratorium dan veel universiteiten. Na zijn hbs-examen moest hij kiezen: Delft of Leiden, of zoals zijn vader het uitdrukte: 'óf Technoloog, óf Philosophie'.¹² Het werd de technologie, maar die beviel hem bij nader inzien niet, waarna hij koos voor de Leidse universiteit om daar zijn wiskundetalent verder te ontwikkelen. Binnen een jaar had hij zijn kandidaats in handen, maar hij ging niet verder voor een doctoraal, en zocht zijn heil in een meer 'praktische' scholing bij twee wereldberoemde scheikundigen, August Kekulé in Bonn en Adolphe Wurtz in Parijs, om vervolgens af te studeren en te promoveren in Utrecht. Een op zijn zachtst gezegd grillige opleiding. In een stelling bij zijn proefschrift gaf hij een positieve draai aan deze wispelturigheid ('Het studeeren aan verschillende Universiteiten was zeer nuttig, en wordt in Nederland veel te weinig gedaan'),¹³ maar zijn beslissingen moeten zijn ouders bij tijd en wijle zorgen hebben gebaard.

Zij wilden in hem investeren. En dat niet alleen omdat ze, net als elke ouder, hem een goede toekomst wilden geven, maar ook omdat ze zijn voorbeeld en vooral zijn hulp nodig hadden om hun drie jongere zoons het juiste pad op te sturen: 'Kom weêr Uwe studieën hier opvatten en voltooiën, en daarop dring ik te meer aan als ik wel bedenk dat het de zaak is om regelregt op het doel aftegaan – op U volgen Jacob, Johan en Bertje,'¹⁴ zo schreef zijn vader aan Van 't Hoff in Parijs. Die houding had waarschijnlijk te maken met hun jeugd, waarin ze allebei op tienjarige leeftijd hun vader hadden verloren, waarna een oudere broer de opvoeding had overgenomen. Zijn moeder refereert hier specifiek aan in een brief aan haar zoon:

Ik herinner me dat mijn broër Bert bij het Zilveren feest mijner ouders hen in een eenvoudig versje beloofde om, mogt dit nodig zijn [...] de ouderlijke zorg op zich te nemen, en zie een jaar daarna stierf mijn vader, en trad hij op in zijne plaats, om ons ten vader te zijn. Herhaal in stilte zijne belofte; gij zijt de oudste, waar helaas! onze beide oudsten zijn heengegaan, O!, bedenk dit wat ook de toekomst geve! op u rust de verplichting hen voor te gaan, hen lief te hebben naast ons en – roept God ons op! – in onze plaats; dat die gedachte u beziele te midden van alles.¹⁵

Waar de rol van de vrouw in de toenmalige maatschappij nog ondergeschikt

was, was het met name vader Van 't Hoff die zich het meest bemoeide met de ontwikkeling van zijn oudste. En hij had daar ook de juiste (karakter)eigenschappen voor. Hij was altijd open en vriendelijk, legde daardoor makkelijk contact, had als arts zijn connecties binnen de universitaire wereld en sprak zijn talen. Dat bracht hem er bij verschillende gelegenheden toe zijn licht op te steken over hoe er over zijn zoon werd gedacht en ook advies en hulp in te roepen over te nemen verdere stappen in diens carrière. Hij beschouwde deze overduidelijk als een gezamenlijk 'project': '[Het artikel in] de *Zukunft*¹⁶ herinnerde mij het verleden en de bezoeken, die ik bracht naar Delft, Leiden, Bonn en Parijs, om op de hoogte te zijn van wat ik of wij te doen hadden.'¹⁷ Hij schrok er zelfs niet voor terug om buiten medeweten van zijn zoon diens hoogleraren (Kekulé) en collega's (Gunning) te bezoeken voor een verhelderend gesprek over het karakter van zijn zoon en diens sterke en vooral zwakke punten, 'uw vroegere aberratieën'.¹⁸ En dat alles deed hij dus niet alleen om ervoor te zorgen dat zijn oudste zoon zou slagen, maar ook om hem vervolgens als voorbeeld te kunnen voorhouden aan zijn drie jongere zoons, en hem zelfs actief te laten ingrijpen als het volgens hen met een van de drie niet ging zoals hij en zijn vrouw dat wensten.

Jacob, die drie jaar jonger was, wist zich aan deze bemoeienis nog het meest te onttrekken. Hij had bovendien heel goed door dat Van 't Hoff hem tot voorbeeld werd gesteld en ageerde daartegen. Een voorbeeld daarvan is het incident dat plaatsvond tussen hem en zijn broer in Oosterbeek, waar het gezin vlak voor zijn vertrek naar Bonn een paar vakantiedagen doorbracht. Van 't Hoff had weliswaar net zijn kandidaats gehaald, maar was aanvankelijk gezakt voor het tentamen bij Bierens de Haan, dat daaraan voorafging. Dat betekende een enorme klap voor Van 't Hoff, die voelde dat hij zijn ouders in de steek had gelaten. Een paar jaar eerder was hij ook al eens gezakt voor een toelatingsexamen Frans op de hbs. Die twee gebeurtenissen legden op dat moment 'een onuitwisbare schaduw' over zijn leven.¹⁹ Maar aangezien hij vanaf die periode alleen maar succesvol was, en daarmee een schitterend voorbeeld voor zijn broers vormde, was er later geen vuiltje meer aan de lucht. Tussen hem en Jacob zou het dan ook allemaal goed komen. Dat kwam ook omdat deze de steun van zijn oudere broer helemaal niet nodig had. Alleen toen Van 't Hoff in augustus 1874 onzeker was over zijn toekomst en er zelfs over dacht naar Engeland te vertrekken en de Engelse dichter Henry John Bulkeley op te zoeken, was niet alleen daarom het ouderlijk huis aan de Haringvliet te klein, vooral omdat 'ook Jacob [...] zich wel aan dien huiselijken kring [wil] onttrekken, en vrij, zoo vrij mogelijk [wil] zijn'.²⁰ Ook dat bleek wel mee te vallen. Jacob zou het gymnasium en later zijn opleiding tot arts in Leiden zonder enig probleem afronden en zich als arts vestigen in Zutphen.

Daarmee deed hij precies wat zijn ouders van hem verwachtten. Dat lag wat betreft de jongste twee broers heel anders:

Voor Jacob hebben we kamers in Leiden, die dáár zijne studieën zal af te maken hebben. Met Johan zal ik een anderen weg moeten inslaan en zoo volgt er meer nog waarbij ik later reken op de vruchten die ik naar mijn beste weten en bedoelingen meen in U gelegd te hebben niet met egoistische drijfveeren maar als een dichter die, hoewel zijne scheppingen geen eigenlijke zedelijke strekking hebben, toch ten slotte rijk aan morele vruchten is.²¹

Met name gedurende zijn schooltijd vormde Johan voor beide ouders een constante bron van zorg. Ze zagen dat hij minder getalenteerd was dan zijn beide oudere broers. In een brief aan Jenny schreef moeder bijvoorbeeld over 'de zorg, die ik in der tijd had voor Johan's geschiktheid om te studeren: de H.B. school scheen mij toe boven zijne krachten te zijn.'²² Bijna wekelijks hielden zijn ouders Van 't Hoff op de hoogte van Johans schoolresultaten en hun zorgen daarover, en keer op keer drukten ze hem op het hart dat het zonder zijn hulp nooit zou lukken.²³ Maar al die zorgen bleken op termijn wat overdreven. Johan slaagde in 1877 voor zijn hbs-examen en ging een jaar later, na een toelatingsexamen Grieks en Latijn, scheikunde studeren in Amsterdam. Die keuze was ongetwijfeld mede door de ouders ingegeven, omdat hij in dat geval direct onder de hoede van zijn oudste broer zou zijn: 'Het doet mij innig veel genoegen te zien dat ge U steeds aan hem [Johan] laat gelegen liggen; [...] denk dat gij mij veel genoegen doet en hij welligt door de aan hem besteede zorg nog goed op de beenen komt.'²⁴

Ook de jongste zoon ten slotte, Lambertus (Bert), die na het gymnasium medicijnen ging studeren in Amsterdam, had af en toe de hulp van zijn oudste broer nodig. Zo ging Van 't Hoff menige zondagavond bij zijn broer langs om hem 'een duwtje [te] geven, als hij wat slof zou zijn geweest'.²⁵ Ook nam hij hem in 1889 wegens 'chronische Examendurchfall' een tijdje thuis onder zijn hoede.²⁶ Zo kwamen zowel Johan als Bert uiteindelijk allebei goed terecht:

De jongens hier (Johan en Bert) genieten wel de vruchten van de zorg, die gijl. aan hen hebt gewijd, en ik ben er zeker van, dat zij dit niet minder waarderen, dan ik het doe. [...] Op deze wijze hebt gij aan de jongens ruim beloond wat ik indertijd trachtte voor U te doen;²⁷

Johan werkte in verschillende laboratoria in Rotterdam, was onder andere bacterioloog bij de Rotterdamsche Drinkwaterleiding en het laboratorium voor scheikundig, microscopisch en bacteriologisch onderzoek van Bonno van Dijken aan de Oostzeedijk, en trad in 1903 toe tot het 'Bacteriologisch laboratorium en instituut L. Weeda' dat vanaf 1906 ook zijn naam zou dragen.²⁸ Bert promoveerde op 26 februari 1892 in Amsterdam,²⁹ en werkte eerst als

tweede geneesheer op het krankzinnigengesticht in Rotterdam, en daarna als leraar in de gezondheidsleer op de Zeevaartschool in Rotterdam.

Van 't Hoff's ambities

Zijn hele leven lijkt Van 't Hoff te hebben geworsteld met het juk dat zijn ouders hem hadden opgelegd. Eerst en vooral vanwege de hem toebedeelde zorg voor zijn jongere broers, voor wie hij tevens als voorbeeld moest dienen, maar ook omdat ze hem heel goed lieten merken dat hij in hun ogen was voorbestemd voor grootse daden. Die hoge verwachtingen voedden enerzijds de enorme persoonlijke ambitie die hij van jongs af aan moet hebben gevoeld, maar tegelijkertijd legden ze een immense druk op hem en vormden daarmee mogelijk een voedingsbron voor de sterke vrijheidsdrang waarvan hij tot het eind van zijn leven blijk gaf. Die vrijheidsdrang uitte zich mogelijksterwijs al in zijn keuze voor buitenlandse universiteiten, zowel tijdens zijn studie als in zijn latere carrière, in zijn bij vlagen onconventionele gedrag – de ‘aberratieën’ –, in zijn uitgesproken liefde voor het werk van Byron en Bulkeley, in zijn eigen dichtwerk en ten slotte, in zijn hang naar de natuur, die hem afleiding bood in tijden van spanning.

Het is aannemelijk dat dit escapistische gedrag ook naar voren trad in zijn pleidooi voor de rol van de verbeeldingskracht binnen de wetenschap. Het is vooral op dit punt dat ambitie en vrijheidsdrang convergeerden en elkaar versterkten. Immers, die verbeeldingskracht moest het mogelijk maken te ontsnappen aan de wetenschappelijke conventies van zijn tijd en daadwerkelijk de grenzen van de bestaande kennis te overschrijden. Enkel volstaan met degelijk, nauwgezet en routineus laboratoriumwerk, lag niet in zijn aard. Het is dan ook opvallend dat hij lange tijd vooral uitblonk in het openen van nieuwe onderzoeksgebieden en de verdere uitwerking en consolidatie graag aan anderen overliet. Het is eveneens opvallend dat zijn vader, die zich soms zorgen maakte over zijn afwijzing van sociale conventies, juist deze voorliefde in zijn zoon aanmoedigde. Die vrijheidsdrang en ambitie brachten hem ook in conflict met zijn leermeesters zoals Eduard Mulder, die zijn talent niet zag of niet wilde erkennen, en Kekulé, die hem als ‘meet-slaaf’ wilde gebruiken, en met tal van collega's in den lande die zijn ‘gebrek aan degelijkheid’ beschouwden als een doodzonde, zijn ambitie als onbescheidenheid en zijn vertrek naar het buitenland als een bewijs van gebrek aan vaderlandslievendheid. De moeite die het kostte hem benoemd te krijgen als lid van de Akademie spreekt wat dat betreft boekdelen. Ook hielp zijn vrijheidsdrang mogelijk niet in zijn contacten met het gemeentebestuur van Amsterdam en haar universiteit, die zijn onderwijsverplichtingen niet wilden verminderen, en met de minister die te weinig oog had voor het belang van onderzoek.

Al dan niet gedreven door zijn ouders stond het voor hem al vanaf het

moment dat hij de hbs verliet vast, dat hij naam wilde maken in de scheikunde. In een brief aan Jenny refereerde hij aan 'eenzame beroemdheid door natuuronderzoek, die mij zeer tegenlacht'.³⁰ Dat was op het moment dat hij net benoemd was tot hoogleraar in Amsterdam. Maar eerder al had hij laten zien dat het hem menens was en dat hij heel goed wist wat hij wilde. Om zich te scholen in de scheikunde had hij immers geen genoegen genomen met een tweederangs laboratorium in Leiden, maar had hij gekozen voor het buitenland, voor onderzoek in het laboratorium van de grote August Kekulé, een van de toonaangevende scheikundigen van dat moment. Maar toen deze van zijn diensten gebruik wilde maken en hem vroeg zijn privéassistent te worden, wees Van 't Hoff dat resoluut af. Een stap die zijn eigenzinnigheid kenmerkt. Blijkbaar stond het toen al voor hem vast dat hij zich aan *eigen* onderzoek moest wijden, niet aan dat van iemand anders. Dat kostte hem de steun van Kekulé. Zijn landgenoot Franchimont had zich wel een jaar volledig onder diens vleugels geschaard, en dat had hem geen windeieren gelegd, want een jaar na zijn vertrek uit Bonn werd hij met een gloedvolle aanbeveling uit Bonn benoemd tot hoogleraar in Leiden. Terwijl Van 't Hoff na zijn terugkeer uit Bonn en Parijs feitelijk met lege handen stond.

Maar zijn eerzucht was onverminderd groot en stak telkens de kop op: hij wilde aan de wereld laten zien wat hij wist of wat hij had ontdekt. Dat begon al in 1874, nog voordat hij zijn proefschrift af had. Nadat zijn sollicitaties op leraarsposities en een assistentschap bij Van Bemmelen waren misgelopen, besloot hij, als in een vlucht vooruit, zijn ideeën over het asymmetrisch koolstofatoom te publiceren. Een opvallende actie, want hij deed dat niet in de vorm van een artikel in een tijdschrift, maar – op eigen kosten – in een brochure, zonder daarover met wie ook maar te hebben overlegd. Die eigengerichtheid leverde Van 't Hoff aanvankelijk bitter weinig op. De hoogleraar scheikunde in Groningen Modderman vond de ideeën die hij in zijn *Voorstel* uiteen had gezet 'interessant', maar zou hem publicatie hebben afgeraden. Alleen Buys Ballot kwam te hulp en zorgde ervoor dat hij een Franse versie van zijn *Voorstel* kon publiceren, zodat men daar ook in het buitenland kennis van kon nemen. Van Mulder had hij als gezegd al helemaal geen steun te verwachten. Die vond hem maar een blaaskaak en er was geen haar op zijn hoofd die eraan dacht om hem als assistent aan te nemen, toen er in zijn groep een plaats was opengevallen; terwijl Van 't Hoff die baan al meende te hebben.³¹ Mulder koos in 1876 voor Gustav Bremer, nota bene iemand die aan de hand van Van 't Hoff zijn proefschrift had geschreven. Geen wonder dat Van 't Hoff dit opvatte als een belediging, waar hij zich tien jaar later nog over kon opwinden: 'Ben ik [...] niet systematisch uitgesloten, tot ook zelfs voor de assistents-betrekking bij van Bemmelen en Mulder, die Bremer kreeg?'³² Datzelfde jaar werd hij in Utrecht ook nog gepasseerd als opvolger van de hoogleraar chemie Van Kerckhoff. 'Hij zou zich bij de faculteit niet aan-

genaam hebben weten te maken,' zo was het commentaar van de hoogleraar Donders.³³ Ook daarover kon hij zich jaren later nog vreselijk boos maken. Diezelfde Donders had hem overigens als kandidaat voor de hoogleraarspositie nog 'Geniaal en van groote verwachting' genoemd, om daaraan toe te voegen: 'Maar hij is nog te jong en soms wel wat abnormaal.'³⁴ Een mooie illustratie van de tegenstrijdigheid die Van 't Hoff opriep.

Ook in Amsterdam trad Van 't Hoffs grote eerezucht aan het licht. Zo was hij bijkans ontploft toen de altijd vriendelijke Buys Ballot, die hem in de jaren daarvoor zó had gesteund, hem per briefkaart had gefeliciteerd met zijn *hoogleraarschap*, terwijl hij 'slechts' tot lector was benoemd. En om die door hem zo felbegeerde hoogleraarspositie wél te krijgen, schrok hij er niet voor terug zijn even vriendelijke als behulpzame collega Gunning te dwingen het hoogleraarschap in de artsenijsbereidkunde op zich te nemen en daarmee de leerstoel in de scheikunde aan hem over te doen. Ook hierop kwam hij veel later in zijn leven terug, in de roerige tijden van zijn mogelijk vertrek naar Leipzig. Wat hij in Amsterdam bereikt had, was gekomen 'langs de weg van welgewapende vriendschap', al gaf hij toe 'dat al die handelwijzen, waartoe ik mijn toevlucht heb moeten nemen, mij tegen de borst stuiten'.³⁵ Ook zijn oratie getuigde van zijn ambitie. Hij hield een pleidooi voor de rol van de verbeeldingskracht in de wetenschap, nota bene tegenover een publiek van meest oudere collega's bij wie degelijkheid, voorzichtigheid en vooral objectiviteit hoog in het vaandel stonden. En hij eindigde zijn verhaal met de mededeling dat hij niet 'met een lantarentje [nederig] de kleinste verborgenheden [zou] bezien', maar 'als een adelaar [...] over het groote gebied der scheikunde een brandende fakkel omhoog [houden]'.³⁶ Zijn latere collega in Amsterdam Cornelis Bellaar Spruyt gaf toe dat hij dat laatste wel wat onbescheiden had gevonden: 'Gij verbindt U toch daardoor eenigermate om zelf in de wetenschap iets dergelijks te leveren als de mannen van wier levendige verbeeldingskracht Gij in uw rede zooveel voorbeelden gaaft'.³⁷

Het is ook die houding die hem ertoe bracht om de Duitse uitgever Vieweg te benaderen. Daar was in 1877 de Duitse vertaling van zijn *Voorstel* verschenen, en voor hem smaakte dat naar meer: hij vroeg Vieweg of ze nóg een boek van hem wilden publiceren, en dat terwijl hij zich nog maar nauwelijks kon laten voorstaan op een positie van enig aanzien binnen de scheikundige wereld van die dagen. Er zouden nog vele boeken volgen. Toch liep niet alles zo voorspoedig. Tot twee keer toe werd hij afgewezen als lid van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, vooral door de tegenstand van zijn Leidse vakbroeder Franchimont, die hem bovendien buiten de redactie van het *Recueil* wist te houden. Maar Van 't Hoff zou terugslaan. In 1887 kreeg hij het door slim onderhandelen voor elkaar om zijn naam naast die van Ostwald als redacteur op de voorkant van het nieuwe *Zeitschrift für physikalische Chemie* te krijgen. Triomfantelijk schreef hij toen aan echtgenote Jenny:

‘[Ik] zie de redactie Franchimont c.s. als een klein voorwerpje staan op de groote berg harer eigen opgeblazenheid’, hoewel hij zich ook wat voor zijn triomfalisme leek te schamen: ‘Vindt gij ’t niet kinderachtig, al dat drijven en doen?’³⁸ Die drammerigheid moet ook veel van zijn collega’s tegen de borst hebben gestuit. Helemaal nadat Charles van Deventer net na de oprichting van het *Zeitschrift* onder de titel ‘Nederlandsche scheikunde’ een ronkend stuk in *De Nieuwe Gids* had geschreven, wat volgens zijn oudere collega Van Bemmelen ‘een pijnlijke indruk [had] gemaakt’. Zijn collega’s ‘zouden dit artikel als een reclamestukje beschouwen, dat voor een wetenschappelijk man infra dignitatem [beneden zijn waardigheid] is. Immers wetenschappelijke mannen moeten te hoog staan, om dergelijk trompetgeschal te dulden.’³⁹ Het verklaart de heftige reactie die volgde toen het gerucht zich verspreidde dat Van ’t Hoff helemaal geen formeel aanbod uit Leipzig had gekregen. Het werpt ook een ander licht op de stroperigheid waarmee de Koninklijke Akademie van Wetenschappen in 1895 als spin in het web de onderhandelingen leidde tussen de stad Amsterdam, de Universiteitsvereniging en de minister over het ter beschikking stellen van gelden om Van ’t Hoff voor Nederland te behouden. Van ’t Hoff moet dat gevoeld hebben, en waar hij vooral genoeg had van de enorme onderwijslast, was het hem ook duidelijk dat hij buiten Amsterdam helemaal niet goed lag bij zijn Nederlandse collega’s.

Van ’t Hoff’s persoonlijkheid

Interessant is dat Van ’t Hoff’s grenzeloze ambitie samenging met een ingetogen en introvert karakter. Hij had moeite met het publiekelijk uiten van zijn gevoelens, was altijd naar binnen gericht: ‘Van ’t Hoff uitte zich verder ook nauwelijks,’ zo liet een collega uit Bonn ooit weten,⁴⁰ en volgens Le Bel was hij ‘zo stil dat we niet veel aandacht aan hem besteedden.’⁴¹ Cohen schrijft ook dat dit naar binnen gekeerd zijn door sommigen als hoogmoedig en onvriendelijk werd opgevat, bijvoorbeeld toen hij iemand met wie hij langere tijd op zijn kamer in gesprek was vergat een stoel aan te bieden. Pas toen degene op een goed moment dan zelf maar ging zitten, realiseerde hij zich zijn vergeetachtigheid en zei hij: ‘Ach ja, gaat u toch alsjeblieft zitten.’⁴² Hij had ook grote moeite zich te uiten of zijn dankbaarheid te tonen: ‘Ik moet de woorden altijd uit de diepte ophalen en er komt altijd minder dan ik meen.’⁴³ Illustratief hiervoor zijn ook artikelen die hij schreef ter gelegenheid van een jubileum⁴⁴ of het overlijden van een goede vriend.⁴⁵ Die kenmerken zich vaak door een wat onpersoonlijke toon, een opsomming van iemands activiteiten en successen, zonder veel aandacht voor wat hem nu persoonlijk met de betreffende vriend of collega bond.

Een andere diepgewortelde karaktertrek die in tegenstelling lijkt te staan tot zijn ambitie was een eeuwige twijfel. Hij worstelde zijn hele leven met zijn

bestaan als wetenschapper, met wat hij zag als een gebrek aan erkenning, en hij was dan ook nooit tevreden: 'Mijn levensplan moet veranderen,' verzuchtte hij tegenover Jenny vanuit Parijs, waar hij een paar dagen was heengetrokken om zich op te laden voor een nieuw cursusjaar.⁴⁶ Op een lange muurschildering, waar iedereen die er op dat moment in Parijs en Frankrijk toe deed te zien was, waren slechts twee scheikundigen afgebeeld, onder wie Louis Pasteur, en zij stonden ook nog op de achterste rijen. Maar zelfs toen hij naam begon te maken, successen had behaald en daarvoor de verdiende complimenten en erkenning kreeg, deed hij deze als onbetekenend af. Er huisden overduidelijk twee zielen in zijn borst: voortdurend de noodzaak voelen om zich te bewijzen, om vervolgens bijna minachtend en kleinerend op een eenmaal behaald succes terug te kijken, alsof al dat bereikte geen enkele waarde had. Dat dit al in zijn jeugd begon, toont de volgende passage uit een van zijn brieven aan zijn ouders uit Bonn – hij is dan net twintig jaar oud:

Een nieuwe kring van Engelschen en Franschen heeft zich geöpend, zoodat ik nu in de gelegenheid ben in de eerste restauraties te Bonn met zeer 'nette' (Duitsche) jongelui samen te komen; vanité, vanité! daartoe is eenige inspanning nodig geweest, en, nu het doel is bereikt, lach ik met de pogingen, en vind er iets kinderachtigs in; zie daar weer mijn zelfbestrijdende natuur! ik kan er zeker van zijn, zoo ik een schoone arbeid maak in de Chemie en eenigen naam krijg, dat ik ook daarmee lach, en zoo vind ik zelden voldoening, tot ik de philosophische slotsom heb opgemaakt: 'Waarom wilt gij zelfvoldoening? zoek tijdverdrijf', en zóó staat het nu: dan in de dichters, dan in denken, dan in vriendschap; wie weet wat morgen komt! Leef gelukkig!⁴⁷

'Leef gelukkig!', een goed voornemen, al slaagde hij er alleen niet altijd in om zich in zijn latere leven en werk daaraan te houden. Daarom was ook de dood van zijn vader zo'n enorme klap. Die had hem vanaf zijn vroegste jeugd bijgestaan, hem financieel en met hulp van zijn uitgebreide kennissenkring gesteund en hem begeleid op weg naar grote successen. Op alle belangrijke momenten in zijn leven, toen hij na zijn promotie geen geschikte betrekking kon vinden, toen hij in 1887 een aanbod kreeg uit Leipzig en bij zijn vertrek naar Berlijn acht jaar later, was zijn vader steevast de eerste geweest aan wie Van 't Hoff om raad had gevraagd, en dat viel in april 1902 in één klap weg: 'Alles ziet er nu anders uit. In de uitkomsten van mijn werk had ik voor mijzelf zelden voldoening; het bereikte verviel voor mij spoedig tot waardeloosheid. Papa heeft echter van die uitkomsten dikwijls genoten, en misschien juist nog het hoogtepunt gezien. Dat is een troost.'⁴⁸ Het kan ook haast geen toeval zijn dat hij twee maanden na de dood van zijn vader zichzelf en zijn gezin tot Duitser liet naturaliseren. Hoewel hieraan een proces

van 'verduitsing' vooraf was gegaan, lijkt het erop dat er met het overlijden van zijn vader een rem weg was gevallen en hij eindelijk kon uitvoeren wat hij zijn vader niet had willen aandoen.

Zijn introverte karakter verklaart wellicht ook waarom het hem weinig kon schelen wat er verder met zijn ontdekkingen gebeurde. Hij bleef liever uit de schijnwerpers. Het ging hem er voornamelijk om zelf te weten dat hij als eerste iets ontdekt had, als eerste iets snapte wat anderen tot dan toe voor raadsels had gesteld. Of zoals Van Deventer al in 1891 over zijn leermeester schreef:

Want hij eert de degelijkheid met grooten eerbied, doch hij is verliefd op de idee, en op de idee in groote trekken; en zijn bewijsgronden streven er meer naar om de idee als een groot en zwaar blok in de wereld te plaatsen, dat niemand omstooten kan, dan om het aan alle kanten af te rond en te fatsoeneeren; dát laat hij gaarne aan anderen over.⁴⁹

Dat die anderen vervolgens met zijn ontdekking aan de haal gingen, iets beter uitzochten, algemener formuleerden en er zo hun naam aan wisten te verbinden, was hem om het even. Hiervan zijn talloze voorbeelden te geven. Zo leidde hij, onwetend van het werk van de twee naamgevers, de wet van Guldberg en Waage af en gaf er vervolgens als eerste een correcte kwantitatieve interpretatie aan, gebruikmakend van de metingen van Berthelot en Péan de Saint-Gilles.⁵⁰ Van 't Hoff's principe van het bewegelijk evenwicht dat het effect van temperatuur op de ligging van een evenwicht beschrijft, en dat hij in de *Études* presenteerde, werd twee maanden na het uitkomen van dat boek al veralgemeniseerd in wat tegenwoordig bekendstaat als 'het principe van Le Châtelier';⁵¹ ook al gaf de laatste volledig toe dat hij schatplichtig was aan het werk van Van 't Hoff.⁵² In diezelfde *Études* is ook al de eerste formulering te vinden van wat tegenwoordig de snelheidsvergelijking van Arrhenius wordt genoemd.⁵³

Een voorbeeld daarentegen van een ontdekking waarmee hij werd afgetroefd, was de verdunningswet van Ostwald: die durfde het aan om op basis van veel, deels conflicterende meetresultaten die wet te formuleren. Dat tekent hen beiden. Ostwald was gewoon om enorme hoeveelheden experimentele data te genereren, die lang niet altijd even accuraat waren. Van 't Hoff daarentegen was een theoreticus, iemand die alleen die experimenten deed of liet doen, met zo zuiver mogelijke uitgangsstoffen onder zo gecontroleerd mogelijke omstandigheden, die nodig waren om zijn theorie te bevestigen. Nu heeft succes vele vaders en voor elk van de gegeven voorbeelden zijn er zeker anderen te noemen die hun steentje bij hebben gedragen en dat evenmin beloond zagen met een 'eigen' wet of vergelijking. Maar vaststaat dat Van 't Hoff veel van bovengenoemde verbanden en vergelijkingen óf eerder, maar in elk geval onafhankelijk van anderen heeft afgeleid en ontdekt.⁵⁴

Hij was pragmatisch, het was hem voldoende te weten dat een probleem was opgelost, en dat hij daartoe de eerste was, of in elk geval een belangrijke stap had gezet: 'Is het niet kenmerkend,' zo vroeg zijn Amsterdamse medewerker Georg Bredig zich af 'dat zijn ideeën pas de wereld veroverden nadat ze door Wislicenus op het stereochemische, en door Ostwald, Arrhenius en Nernst op het fysisch-chemische vaandel geschreven waren?'⁵⁵ In overeenstemming hiermee vond Van 't Hoff het ook niet zo nodig om school te maken. Zoals Ramsay in zijn voordracht aan het Nobelcomité schreef: 'De ideeën van Van 't Hoff hebben snel ingang gevonden, en het is niet te veel gezegd dat ze, voornamelijk dankzij de zendingsdrang van Ostwald en zijn school, ondanks veel kritische oppositie zo goed als algemeen door zowel chemici als fysici worden geaccepteerd.'⁵⁶

Van 't Hoff had een afkeer van discussies en hoefde niet zo nodig zijn gelijk te halen. Daar had hij Arrhenius en vooral Ostwald voor. Arrhenius was altijd erg fel en raakte voortdurend betrokken in discussies en polemieken, ook toen hij zich met heel ander onderzoek ging bezighouden, zoals de aard van de immuniteit. Niet voor niets luidt de titel van het derde deel van zijn biografie 'The last battle'.⁵⁷ Die strijdvaardigheid heeft ongetwijfeld veel te maken met de reacties die hij ondervond toen hij zijn allereerste schreden op het wetenschappelijke pad zette. Ook Planck zocht graag de confrontatie op, omdat hij vol frustratie zat over de ontvangst van veel van zijn werk. Hij vond het de grootste teleurstelling van zijn leven 'dat het mij slechts zelden, ja ik zou willen zeggen nooit gelukt is een nieuwe bewering algemeen aanvaard te krijgen, ook al kon ik voor de juistheid ervan een volkomen overtuigend, zij het theoretisch bewijs overleggen'.⁵⁸ Ostwald ten slotte raakte na 1895 met veel van zijn collega's die de atoomtheorie aanhingen in conflict over zijn theorie van de *energetica*, waarmee hij het primaat van energie over materie claimde en het bestaan van atomen ontkende.

Over gebrek aan erkenning had Van 't Hoff niet te klagen. Bij hem was het eerder het probleem dat de erkenning die hij kreeg nooit voldoende leek te zijn. Helemaal na de dood van zijn vader had hij last van een voortdurende behoefte aan bevestiging. Wanneer hij in Berlijn in zijn dagboek aan het eind van een jaar de balans opmaakte, somde hij met grote ingenomenheid de eredoctoraten en erelidmaatschappen op die hem dat jaar waren verleend. Hij koesterde elk knipsel, waarin de kwaliteit of de schoonheid van zijn werk werd geroemd. Zijn dagboeken van 1905-1911 zitten er vol mee: elke loftuiting, elke lovende bespreking van een zoveelste herdruk werd uitgeknipt en ingeplakt, helemaal wanneer ze over zijn werk aan de zoutafzettingen gingen. Vooral dat laatste wijst op een soort cognitieve dissonantie: alsof hij zijn beslissing om een bloeiende onderzoeksgroep in Amsterdam te verruilen voor een geïmproviseerd laboratorium in Berlijn betreurde en dat voortdurend voor zichzelf moest zien te rechtvaardigen.

Van 't Hoff is heel zijn leven in tal van opzichten een buitenstaander gebleven. In alle instellingen en gemeenschappen waarvan hij op enig moment in zijn carrière deel uitmaakte hield hij zich enigszins afzijdig of raakte hij anderzijds geïsoleerd. Zijn studie voerde hem naar niet minder dan drie verschillende Nederlandse universiteiten en hogescholen en twee buitenlandse onderzoeksgroepen. De keuze voor zo'n onconventioneel opleidings-traject is illustratief voor zijn pogingen om onder de druk uit te komen die zijn ouders hem hadden opgelegd, voor zijn escapistisch gedrag en hang naar romantiek. Nog vóór hij zijn studie had afgerond, publiceerde hij al zijn revolutionaire ideeën over het asymmetrisch koolstofatoom: niet in een wetenschappelijk tijdschrift, maar in een op eigen kosten gedrukte brochure. Als net benoemd hoogleraar hield hij een pleidooi voor de rol van de verbeeldingskracht binnen het wetenschappelijk onderzoek, hetgeen niet langer paste in het inmiddels gangbare beeld van een objectieve wetenschap waaruit al het persoonlijke en subjectieve was verbannen en waarin ijver, volharding, nauwgezetheid en degelijkheid de boventoon voerden. Zijn keuze voor een scheikunde waarin een belangrijke rol was weggelegd voor fysische methoden en wiskundige modellen, plaatste hem en zijn mede-Ioniërs Arrhenius en Ostwald in een geïsoleerde positie. Dat gold helemaal voor Van 't Hoff in Nederland, waar de gemeenschap van overwegend organisch chemici hem geen plaats gunde in de rangen van hun tijdschrift en zelfs zijn verkiezing in de Akademie van Wetenschappen bemoeilijkte.⁵⁹ Maar eenmaal verkozen viel hij juist weer op doordat hij slechts sporadisch vergaderingen bezocht en zich ver hield van deelname in commissies – de enige keer dat hij wél zitting had genomen, trok hij zich vóór het eindrapport was uitgebracht terug. Ook met zijn terugkerende pleidooien voor het belang van wetenschappelijk onderzoek, en zijn afkeer van onderwijs, was hij in Nederland een roepende in de woestijn. Maar zelfs na zijn vertrek naar Duitsland, waar de regering in zijn ogen wel voldoende aandacht en steun had voor de wetenschap, trok hij zich terug in zijn privélaboratorium en weigerde hij herhaaldelijk een plaats in te nemen binnen de bestaande onderzoekslaboratoria en instituties.

De bovengenoemde voorbeelden tekenen Van 't Hoff's intrigerende persoonlijkheid en laten kanten zien die tot nog toe onderbelicht zijn gebleven. Bovenal blijft hij een briljant wetenschapper, iemand die het meest genoot in zijn laboratorium en voor wie het doen van onderzoek, samen met collega's en studenten, niet alleen het belangrijkste was in zijn leven, maar hem ook de meeste bevrediging schonk. Daar, in dat laboratorium, voelde hij zich thuis. Na afloop van een bezoek aan Van 't Hoff in Amsterdam schreef de Baltisch-Duitse chemicus Gustav Tammann:

Vervolgens trok ik naar Nederland, waar ik Van 't Hoff heb leren kennen als een echt gedreven onderzoeker van het oude stempel. Ik wil andere

zogenaamde groten niet met hem vergelijken, opdat zij daardoor niet te klein worden. Hij is absoluut geen opschepper of schreeuwlelijk en wil ook niet de natuuronderzoeker spelen die met zijn filosofische geest alles omvat en met energetische nonsens alle natuurkundigen verstomd doet staan.⁶⁰

Van 't Hoff liet 'als enige van de Ioniërs, [...] zijn ego achter op de drempel van zijn laboratorium'.⁶¹

Afkortingen

JHUA	Van 't Hoff Papers in The Milton S. Eisenhower Library (Special Collections) van de Johns Hopkins University in Baltimore
RMBA	Archief Rijksmuseum Boerhaave
RMBA-VTH	Archief Rijksmuseum Boerhaave (Archief J.H. van 't Hoff, Boerhaave 208)
VTH-HA	Van 't Hoff Huisarchief
UA	Het Utrechts Archief
SA	Stadsarchief Amsterdam
NHA	Noord-Hollands Archief
ZAA	Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm
ZPC	Zeitschrift für physikalische Chemie

Ten behoeve van de toegankelijkheid en leesbaarheid van de tekst heb ik citaten in het Frans, Duits en Engels in het Nederlands vertaald. Bij Nederlandse citaten is de oorspronkelijke spelling aangehouden.

Noten

Inleiding

- 1 Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff, *Vragen des Tijds*, 22 (1896) p. 414-438.
- 2 Thomas L. Hankins, In defence of biography: the use of biography in the history of science, *History of Science*, 17 (1979) p. 1-16.
- 3 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912).
- 4 In diezelfde serie verschenen later onder andere biografieën van Victor Meyer (1917), Ernst Abbe (1922), Joseph Fraunhofer (1929) en Svante Arrhenius (1931).
- 5 Benjamin Harrow, *Eminent chemists of our time* (Van Nostrand Co., New York, 1927). Philipp Lenard, *Grosse Naturforscher: eine Geschichte der Naturforschung in Lebensbeschreibungen* (Lehmann's Verlag, München, 1930), dat ook vertaald werd: *Great Men of Science: A History of Scientific Progress* (G. Bell and Sons, London, 1933).
- 6 Helge Kragh, *An introduction to the historiography of science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1986) p. 168.
- 7 Michael Shortland and Richard Yeo, Introduction, in: *Telling Lives in Science: Essays on Scientific Biography* (Michael Shortland and Richard Yeo (eds.), Cambridge University Press, New York, 1996) p. 1-44.
Thomas Söderqvist, The delicate relations between scientific biography and the historiography of science, in: *The History and Poetics of Scientific Biography* (Thomas Söderqvist (ed.), Ashgate Publishing, Aldershot, 2007) p. 241-262, p. 251-255.
- 8 Thomas Söderqvist, Existential projects and existential choice in science: science biography as an edifying genre, in: *Telling Lives in Science: Essays on Scientific Biography* (Michael Shortland and Richard Yeo (eds.), Cambridge University Press, New York, 1996) p. 45-84, p. 50.
- 9 Paul Forman, Weimar culture, causality, and quantum theory: adaptation by German physicists and mathematicians to a hostile environment, *Historical Studies in the Physical Sciences*, 3 (1971) p. 1-115.
- 10 M. Norton Wise, Forman reformed, again, in: *Weimar Culture and Quantum Mechanics Selected Papers by Paul Forman and Contemporary Perspectives on the Forman Thesis* (Eds. Cathryn Carson, Alexei Kojevnikov and Helmuth Trischler, Imperial College Press, London, and World Scientific Publishing Co., Singapore, 2011) p. 415-431.
- 11 Thomas L. Hankins, In defence of biography: the use of biography in the history of science, *History of Science*, 17 (1979) p. 1-16, p. 5.
- 12 Thomas L. Hankins, In defence of biography, p. 8.
- 13 Mary Terrall, Biography as Cultural History of Science, *Isis*, 97 (2006) p. 306-313, p. 309.
- 14 Mary Jo Nye, Scientific Biography: History of Science by Another Means?, *Isis*, 97 (2006) p. 322-329, p. 329.
'As a genre of historical writing and analysis, scientific biography is an effective means for engaging readers in the struggles, successes, and failures of scientists crafting their own lives as they explore and construct knowledge of the natural world.'
- 15 J.L. Heilbron, *The Dilemmas of an Upright Man: Max Planck as a Spokesman for German Science* (University of California Press, Berkeley, 1986).
- 16 J.L. Heilbron, Applied History of Science, *Isis*, 78 (1987) p. 552-563.
- 17 David Cassidy, *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg* (W.H. Freeman, New York, 1992).

- David Cassidy, *J. Robert Oppenheimer and the American Century* (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2005).
- Adrian Desmond and James Moore, *Darwin* (Michael Joseph, London, 1991).
- 18 Alan J. Rocke, *The Quiet Revolution. Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry* (University of California press, Berkeley, 1993).
 - Alan J. Rocke, *Nationalizing Science: Adolphe Wurtz and the Battle for French Chemistry* (MIT Press, Cambridge and London, 2001).
 - 19 Ana Carneiro, Review of *Nationalizing Science*, *British Journal for the History of Science*, 34 (2001) p. 476-478.
 - 20 Richard S. Westfall, *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton* (Cambridge University Press, 1981).
 - 21 David Cahan, Looking at nineteenth century science: an introduction, in: *From natural philosophy to the sciences. Writing the history of nineteenth-century science* (David Cahan (ed.), The University of Chicago Press, Chicago, 2003) p. 3-15, p. 12.
 - 22 Thomas Söderqvist, Existential projects and existential choice in science, p. 76-77.
 - 23 Klaas van Berkel, *Een en al illusies. Cultuurhistorische opstellen* (Prometheus, Amsterdam, 2020) p. 219-220.
 - 24 Dirk van Delft, Heike Kamerlingh Onnes en de geleerdenbiografie, *De Gids*, 158 (1995) p. 96-102.
 - 25 Dirk van Delft, *Heike Kamerlingh Onnes. Een biografie. De man van het absolute nulpunt* (Bert Bakker, Amsterdam, 2005).
 - 26 Frits Berends en Dirk van Delft, *Lorentz. Gevierd fysicus, geboren verzoener* (Prometheus, Amsterdam, 2019).
 - 27 Rob van den Berg, *Van der Waals. Krachten die de wereld bijeenhouden* (Veen, Amsterdam, 2007).
 - 28 A. Ya. Kipnis, B.E. Yavelov and J.S. Rowlinson, *Van der Waals and molecular science* (Oxford University Press, Oxford, 1996).
 - 29 E.J.A. Zevenhuizen, *Vast in het spoor van Darwin. Biografie van Hugo de Vries* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 2008).
 - 30 Patricia Faasse, *Een beetje opstandigheid. Johanna Westerdijk, de eerste vrouwelijke hoogleraar van Nederland* (Atlas Contact, Amsterdam, 2012).
 - 31 Pieter C. van der Kruit, *De inrichting van de hemel. Een biografie van astronoom Jacobus C. Kapteyn* (Amsterdam University Press, Amsterdam, 2016).
 - 32 Jan van Evert, *Oort. Melkwegonderzoeker en grondlegger van de radioastronomie* (Veen, Amsterdam, 2011).
 - Pieter C. van der Kruit, *Horizonnen. Een biografie van astronoom Jan Hendrik Oort* (Prometheus, Amsterdam, 2020).
 - 33 Dirk van Dalen, L.E.J. Brouwer 1881-1966. *Een biografie* (Bert Bakker, Amsterdam, 2001).
 - 34 H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 2. De ontwikkeling van chemie en chemische technologie in de eerste helft van de twintigste eeuw* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1997) p. 68.
 - 35 Ibidem.
 - 36 Thomas Söderqvist, The Seven Sisters: Subgenres of Bioi of Contemporary Life Scientists, *Journal of the History of Biology*, 44 (2011) p. 633-650, p. 647.
 - 37 George Sarton, Review of Ernst Cohen-Jacobus Henricus van 't Hoff. *Sein Leben und Wirken*, *Isis*, 1 (1913) p. 276-278. 'Ce livre, si abondamment et si solidement documenté, ne renferme même pas un essai de synthèse du caractère et de la personnalité de Van 't Hoff.'
 - 38 H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1. Van alchemie*

- tot chemie en chemische industrie rond 1900 (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1993) p. 5.
- 39 Ernst Cohen, Van 't Hoff's bezoek aan het slagveld van Sedan (1870), *Chemisch Weekblad*, 11 (1914) p. 870-883. Ernst Cohen, Vijftig jaren uit de geschiedenis eener theorie (1874-1924). Hare grondleggers, *Chemisch Weekblad*, 21 (1924) p. 482-490. Ernst Cohen, Eene halve eeuw osmotische druk, *Chemisch Weekblad*, 31 (1934) p. 782-788. Ernst Cohen, Chemie en chemische industrie te Amsterdam in den loop der eeuwen, *Chemisch Weekblad*, 37 (1940) p. 486-502.
 - 40 W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *J.H. van 't Hoff's Amsterdamer Periode 1877-1895* (C. de Boer jr., Helder, 1912).
 - 41 W.P. Jorissen, Iets over Van 't Hoff's aan de Zweedsche Akademie gezonden verhandelingen, *Chemisch Weekblad*, 9 (1912) p. 403-405. W.P. Jorissen, Nog iets over Van 't Hoff's aan de Zweedsche Akademie gezonden verhandelingen, *Chemisch Weekblad*, 14 (1917) p. 1150-1151. W.P. Jorissen, Eenige brieven van Van 't Hoff 1874-1875, *Chemisch Weekblad*, 21 (1924) p. 495-501. W.P. Jorissen, Jacobus Henricus van 't Hoff en de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, *Chemisch Weekblad*, 44 (1948) p. 474-477.
 - 42 J. van Alphen, Prof. Dr. J.H. Van 't Hoff, in: *Nederlandsche helden der wetenschap: levensschetsen van negen Nobelprijswinnaars: hoogtepunten van wetenschappelijke arbeid in Nederland* (T.P. Sevensma (ed.), Uitgevers-Maatschappij 'Kosmos', Amsterdam, 1946) p. 11-52. G.C. Gerrits, Jacobus Henricus Van 't Hoff, in: *Grote Nederlanders bij de opbouw der natuurwetenschappen* (G.C. Gerrits, E.J. Brill, Leiden, 1948) p. 353-380. L. Beek, Jacobus Henricus Van 't Hoff (1852-1911), in: *Pioniers der Natuurwetenschappen* (L. Beek (ed.), Van Gorcum & Co., Assen, 1983) p. 103-112. H.A.M. Snelders, Jacobus H. van 't Hoff 1852-1911, in: *Van Stevin tot Lorentz. Portretten van achttien Nederlandse natuurwetenschappers* (A.J. Kox (ed.), Bert Bakker, Amsterdam, 1990) p. 199-208. Klaas van Berkel, Jacobus Henricus van 't Hoff, 1852-1911, in: *History of Science in The Netherlands: Survey, Themes, and References* (Klaas van Berkel, Albert van Helden & Lodewijk Palm (eds.), Leiden, 1999) p. 467-470.
 - 43 Zie bijvoorbeeld het speciale nummer ter herdenking van Van 't Hoff's geboortejaar, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 621-659.
 - 44 E.W. Meijer, Jacobus Henricus van 't Hoff; Hundred Years of Impact on Stereochemistry in the Netherlands, *Angewandte Chemie International Edition*, 40 (2001) p. 3783-3789. J. van Houten, A Century of Chemical Dynamics Traced through the Nobel Prizes. 1901: Jacobus Van 't Hoff, *Journal of Chemical Education*, 78 (2001) p. 1570-1573.
 - 45 E.H.P. Cordfunke, *Een romantisch geleerde. Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911)* (Vossiuspers UvA, Amsterdam, 2001).
 - 46 Robert Scott Root-Bernstein, *The Ionists: founding physical chemistry 1872-1890* (Dissertation Princeton University, 1980).
 - 47 Peter J. Ramberg, *Chemical Structure, Spatial Arrangement. The Early History of Stereochemistry 1874-1914* (Ashgate Publishing Company, 2003).
 - 48 O. Bertrand Ramsay (ed.), *Van 't Hoff-Le Bel Centennial* (ACS Symposium Series, Washington DC, 1975).
 - 49 Willem Hornix and S. Mannaerts (eds.), *Van 't Hoff and the emergence of chemical thermodynamics. Centennial of the first Nobel Prize for Chemistry, 1901-2001* (Delft University Press, 2001).
 - 50 Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. I. Teil, Briefwechsel mit Ludwig Boltzmann, Max Planck, Georg Helm und Josiah Willard Gibbs* (Akademie-Verlag, Berlin, 1961) en *II. Teil, Briefwechsel mit Svante Arrhenius und Jacobus Henricus van 't Hoff* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969).

- 51 H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1993). H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 2. De ontwikkeling van chemie en chemische technologie in de eerste helft van de twintigste eeuw* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1997).
- 52 H.A.M. Snelders, The birth of stereochemistry. An analysis of the 1874-papers of Van 't Hoff and Le Bel, *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 60 (1973) p. 261-278. H.A.M. Snelders, De reactie van Buys Ballot op Van 't Hoff's 'Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuur-formules in de ruimte', *Scientiarum Historia*, 15 (1973) p. 27-37. H.A.M. Snelders, The reception of Van 't Hoff's theory of the asymmetric carbon atom, *Journal of Chemical Education*, 51 (1974) p. 2-7. H.A.M. Snelders, Van 't Hoff, J.H., in: *Dictionary of Scientific Biography Vol.13* (Ed. Charles C. Gillispie, Charles Scribner's Sons, New York, 1976) p. 575-581. H.A.M. Snelders, Dissociation, Darwinism and entropy. A case study from the history of physical chemistry, *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 64 (1977) p. 51-75. H.A.M. Snelders, J.H. van 't Hoff's research school in Amsterdam (1877-1895), *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 71 (1984) p. 1-30. H.A.M. Snelders, J.H. van 't Hoff's theorie van de vaste oplossingen (1890), *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 8 (1985) p. 49-57. H.A.M. Snelders, J.H. van 't Hoff's theorie van de verdunde oplossingen (1887), *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 10 (1987) p. 2-19. H.A.M. Snelders, Jacobus Henricus van 't Hoff's (1852-1911) Untersuchungen über die Stassfurter Salzablagerungen im Zeitraum von 1896 bis 1908, in: *Montanmedizin und Bergbauwissenschaften* (Eds. W. Kaiser & A. Völker, Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 1987/23 (T 63)) p. 209-220. H.A.M. Snelders, J.H. van 't Hoff en de fasenleer, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 9 (1986) p. 10-24.
- 53 Regine Zott, *Wilhelm Ostwald und Paul Walden in ihren Briefen* (ERS-Verlag, Berlin, 1994). Regine Zott, *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst in ihren Briefen sowie in denen einiger Zeitgenossen* (Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 1996). Regine Zott, *Fritz Haber in seiner Korrespondenz mit Wilhelm Ostwald sowie in Briefen an Svante Arrhenius* (ERS-Verlag, Berlin, 1997).
- 54 Regine Zott, Jacobus Henricus van 't Hoff: Sein Werdegang und sein Weg nach Berlin, *Mitteilungen der Fachgruppe Geschichte der Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker*, Nr. 16 (Frankfurt am Main, 2002) p. 47-74. Regine Zott, Ein Niederländer in Berlin. Jacobus Henricus van 't Hoff zum 150. Geburtstag, *Dahlemer Archivgespräche*, 8 (2002) p. 37-56. Regine Zott, Jacobus Henricus van 't Hoff in Briefen an Svante Arrhenius, in: *Aus Wissenschaftsgeschichte und -theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag überreicht von Freunden, Kollegen und Schülern* (Herausgegeben von Horst Kant und Annette Vogt, Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 2005) p. 239-256, p. 240.
- 55 Thomas L. Hankins, In defence of biography: the use of biography in the history of science, *History of Science*, 17 (1979) p. 1-16, p. 5.
- 56 Paul Carter and Roger Highfield, *The private lives of Albert Einstein* (Faber & Faber, Londen, 1993).
- 57 Dirk van Delft, *Heike Kamerlingh Onnes. Een biografie. De man van het absolute nulpunt* (Bert Bakker, Amsterdam, 2005) p. 18.

- 58 Abraham Pais, *Subtle is the Lord... The Science and the Life of Albert Einstein* (Oxford University Press, Oxford, 1982).
- 59 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 10 december 1878, VTH-HA.
- 60 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, najaar 1871, in: *Brievenschriftje in bezit van het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht*, p. 1.
- 61 Je zou ook enigszins gekscherend kunnen zeggen dat Van 't Hoff's leven tot 1895 in het teken stond van suiker, en daarna in het teken van zout. In een brief aan Cohen van 4 maart 1906 (Archief Rijksmuseum Boerhaave) maakte hij hier ook zelf een toespeeling op: 'Als men wat meer jaren achter den rug heeft verbinden zich zoo aan enkele stoffen herhaalde herinneringen; ik had dat vooral met de suiker, door het werken in een Brabantsche suikerfabriek, in de Suikercommissie en den osmotischen en vriespot.' Een tafelgenote vroeg hem eens: 'U bent immers in de suiker, nietwaar?', waarop Van 't Hoff antwoordde dat hij zich inderdaad bezighield met problemen waarin verdund suikerwater een belangrijke rol speelde (zie: Ernst Cohen, Eene halve eeuw osmotische druk, *Chemisch Weekblad*, 31 (1934) p. 782-788).

Wanderjahre 1852-1877

1 Vanuit een ambachtsheerlijke hoeve

- 1 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, augustus 1894, VTH-HA.
- 2 M.C. Dorst, *Zwijndrecht Tiën. Een inventariserend archeologisch onderzoek door middel van proefsleuven* (Bureau Oudheidkundig Onderzoek van Gemeentewerken Rotterdam, BOORrapport 238, Rotterdam, 2005) p. 12-14.
- 3 Maurice de Jongh, Boerderij 't Hoff: van ambachtsheerlijke hoeve tot bouwplaats?, *Swindregt Were*, 31 nr. 1 (2017) p. 23-41, p. 26.
- 4 Opvallend is dat deze hoeve niet in het ambacht Groote Lindt zelf lag, maar in het eraan grenzende kortambacht van de Lindt.
- 5 D. van Baalen, Bij de kwartierstaat van Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911), *Gens Nostra* (1952) p. 202-206, p. 203.
- 6 J. MacLean, Het voorgeslacht van Jacobus Henricus van 't Hoff, *De Nederlandsche Leeuw*, 77 (1960) p. 142-145. J. MacLean, Korte mededelingen, *De Nederlandsche Leeuw*, 78 (1961) p. 98-99.
- 7 F. Jorissen, *Het Hoogheemraadschap van de Zwijndrechtse Waard. Februari 1331-Februari 1955* (Hoogheemraadschap Zwijndrecht, 1955) p. 73. Onder de tekeningen staat een inscriptie 'De goede gelding van de granen'.
- 8 J.W. Regt, *Geschied- en Aardrijkskundige beschrijving van den Zwijndrechtschen Waard, den Riederwaard en het land van Putten over de Maas* (J. Boden, Zwijndrecht, 1848) p. 71.
- 9 Maurice de Jongh, Bouwen en verbouwen op 't Hoff: Tien eeuwen bouwgeschiedenis van een bijzonder terrein, *Swindregt Were*, 31 nr. 2 (2017) p. 5-16, p. 12-13.
- 10 Kees Brinkman, *Zes eeuwen Lindtse kerk te Zwijndrecht* (Uitgegeven door de kerkeraad van de hervormde wijkgemeente Groote Lindt, Nederhoven en Heer Oudelands Ambacht te Zwijndrecht, Drukkerij Verloop, Alblasserdam, 2013) p. 26-30.
- 11 Maurice de Jongh, Boerderij 't Hoff, p. 32-35.
- 12 Bij een gemeentelijke herindeling in de jaren vijftig van de negentiende eeuw fuseerde Groote Lindt met Zwijndrecht en kwam Kleine Lindt bij Heerjansdam. Jacobus werd wel weer burgemeester van Kijfhoek en Heer Oudelandsambacht.
- 13 J.H. van 't Hoff sr., *Ter herinnering. Brieven aan zijne dochter Hendrika* (P.M. Bazendijk, Rotterdam, 1893), VTH-HA, p. 29-30.

- 14 De boerderij ging na een blikseminslag in juni 1945 in vlammen op, maar werd herbouwd. Toen tegen het eind van de jaren vijftig de landbouwactiviteiten in de Zwijn-drechtse Waard afnamen, werd deze verbouwd tot sportschool.
- 15 J.H. van 't Hoff sr., *Ter herinnering*, p. 68-95.
- 16 Frederik Jan Haver Droeze, in: *Nieuw Nederlandsch biografisch woordenboek. Deel 3* (P.C. Molhuysen en P.J. Blok (red.), A.W. Sijthoff, Leiden, 1914) p. 301.
- 17 J.H. van 't Hoff sr., *Ter herinnering*, p. 93.
- 18 J.H. van 't Hoff sr., *Ter herinnering*, p. 116-123.
- 19 M.J. van Lieburg, persoonlijke mededeling.
- 20 E. Wiersum, Uit de jeugd van J.H. van 't Hoff, *Rotterdamsch Jaarboekje* (1912) p. 1-6.
- 21 Advertentie *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 1 september 1852.
- 22 Wet op de Nieuwe Waterweg en het Noordzeekanaal van 24 januari 1863.
- 23 G.P. van de Ven, *De Nieuwe Waterweg en het Noordzeekanaal. Een waagstuk* (Onderzoek in opdracht van de Deltacommissie, 2008) p. 3.
- 24 B. Woelderink, De cholera-epidemie van 1866, *Rotterdams Jaarboekje* (1966) p. 302-318.
- 25 Brief van P. van Rossem aan Cohen, 6 januari 1912, RMBA-VTH (No. 55).
- 26 Schriftje met biografische aantekeningen van J.H. van 't Hoff, RMBA-VTH (No. 55).
- 27 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 6-7.
- 28 J.C. Both, streekarchivaris van Goeree-Overflakkee, schreef over de geschiedenis van Hobbema's laantje in *Het laantje van Middelharnis* (zie: <http://erfgoedlijngo.nl/media/Canon/Het%20Laantje%20en%20andere%20schilderijen.pdf>) en over Lambertus Kolff in 'Lambertus Kolff, regent voor het leven – Middelharnis in de Bataafs/Franse tijd', <https://www.goeree-overflakkee.nl/document.php?m=79&fileid=134239&f=af4bd37747a4e5b728615a04c7bf53d&attachment=1&c=133624>
- 29 Jacob Marius (Jacob) van 't Hoff werd geboren op 9 augustus 1855.
- 30 Persoonlijke mededeling J.C. Both, streekarchivaris Goeree-Overflakkee. Zie ook: *Nieuwe bijdragen ter bevordering van het onderwijs en de opvoeding voornamelijk met betrekking tot de lagere scholen in het Koninkrijk der Nederlanden voor den jare 1846* (D. du Mortier en Zoon, Leyden, 1846) p. 261-262.
- 31 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, 1886, VTH-HA.
- 32 Herminus Johannes (Johan) werd geboren op 2 januari 1858, Hendrika Adriana op 29 november 1860 en Lambertus (Bert) op 29 februari 1864.
- 33 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, 2 augustus 1860, RMBA-VTH (No. 2).
- 34 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, zomer 1862, RMBA-VTH (No. 2).
- 35 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, zomer 1865, RMBA-VTH (No. 2).
- 36 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, zomer 1861, RMBA-VTH (No. 2).
- 37 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, zomer 1862, RMBA-VTH (No. 2).
- 38 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, zomer 1865, RMBA-VTH (No. 2).
- 39 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, zomer 1861, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 40 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, 31 juli 1863, RMBA-VTH (No. 2).
- 41 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, ongedateerd, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 42 A.A.W. Hubrecht, Van 't Hoff als Delftsch student, *Gedenkboek van het xide lustrum van het Delftsch Studentencorps* (J. Waltman Jr., Delft, 1903) p. 69-72, p. 69.
- 43 *Verslag van den Staat der Hooge-, Middelbare en Lagere Scholen in het Koninkrijk [sic] der Nederlanden, 1865-1866*, p. 38. In 1864 was de school van de Scheepmakershaven verhuisd naar de Westersingel.
- 44 F.A. Wilhelm, *English in the Netherlands. A history of foreign language teaching 1800-1920* (Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen, 2005) p. 200-202.

- 45 Regine Zott, Jacobus Henricus van 't Hoff in Briefen an Svante Arrhenius, in: *Aus Wissenschaftsgeschichte und -theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag überreicht von Freunden, Kollegen und Schülern* (Herausgegeben von Horst Kant und Annette Vogt, Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 2005) p. 239-256, p. 240. '[Van 't Hoff's Texte] enthalten orthografische Fehler sowie grammatikalische Eigenwilligkeiten.'
- 46 Abraham van der Hoeven, In Memoriam Mr. S. Muller Hz., *Rotterdamsch Jaarboekje* (1916) p. 3-5.
- 47 J.H. van 't Hoff, Getuigschriften van de Maatschappij tot Bevordering der Toonkunst, 1862, 1863 en 1864, JHUA (Ms 74, box 3, folder 1, Accomplishments and diplomas 1853-1871) en RMBA-VTH (No. 2).
- 48 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 8.
- 49 H.A.M. Snelders, De tweede Gouden Eeuw van de Nederlandse natuurwetenschap, in: *Eeuwwende 1900: Natuur- en menswetenschappen* (Eds. A. Klukhuhn en S. Haakma, Studium Generale RU Utrecht, 1993) p. 13-26, p. 14.
- 50 W.A. Wagener, *Een eeuw binnen met de bel. De geschiedenis van de eerste HBS met vijfjarige cursus in Rotterdam* (Nijgh en Van Ditmar, 's Gravenhage/Rotterdam, 1965) p. 14.
- 51 Naast deze rijkssubsidie van 7000 gulden, bedroegen de inkomsten uit lesgelden rond de 5000 gulden. Grootste uitgavenpost vormden met zo'n 27.000 gulden de salarissen van de leraren, terwijl aan schoolmateriaal elk jaar rond de 4000 gulden werd besteed. Het 'tekort' kwam voor rekening van de gemeente. Zie: *Verslag van den Staat der Hooge-, Middelbare en Lagere Scholen in het Koninkrijk [sic] der Nederlanden, 1866-1867*, p. 76-77. In het schooljaar 1867-1868 was er de eenmalige uitgave voor het nieuwe schoolgebouw aan de Kortenaerstraat van bijna een ton.
- 52 W.A. Wagener, *Een eeuw binnen met de bel*, p. 18.
- 53 *Verslag van den Staat der Hooge-, Middelbare en Lagere Scholen in het Koninkrijk [sic] der Nederlanden, 1866-1867*, p. 46-48.
- 54 A. Bartels, *Een eeuw middelbaar onderwijs 1863-1963* (J.B. Wolters, Groningen, 1963) p. 172-176.
- 55 *Verslag van den Staat der Hooge-, Middelbare en Lagere Scholen in het Koninkrijk [sic] der Nederlanden, 1865-1866*, p. 32.
- 56 Dit was een bewuste keuze van het schoolbestuur in Rotterdam; in Dordrecht bijvoorbeeld werd in de hoogste twee klassen wel 6-8 uur per week besteed aan vakken als boekhouden, warenkennis, handelsgeografie, koopmansrekenen en handelsgeschiedenis. Zie: *Verslag van den Staat der Hooge-, Middelbare en Lagere Scholen in het Koninkrijk [sic] der Nederlanden, 1866-1867*, p. 49.
- 57 Veertien leerlingen werden afgewezen.
- 58 W.A. Wagener, *Een eeuw binnen met de bel*, p. 21.
- 59 Algemene Inleiding tot het archief van de Eerste HBS met 5-jarige cursus/Dalton-HBS Van 't Hoff, Stadsarchief Rotterdam.
- 60 J.H. van 't Hoff, Getuigschrift van de toelating tot de vierde klasse der 'Hoogere Burgerschool' te Rotterdam, september 1867, JHUA (Ms 74, box 3, folder 1, Accomplishments and diplomas 1853-1871).
- 61 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, 15 juni 1873, in: *Brievenschriftje*, p. 66-69.
- 62 A.A.W. Hubrecht, Van 't Hoff als Delftsch student, p. 70.
- 63 Joh. F. Snelleman, De Rotterdamsche HBS als kindje, *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 9 oktober 1915.
- 64 W.A. Wagener, *Een eeuw binnen met de bel*, p. 34.
- 65 Later werd hij ondernemer en was hij naast Statenlid voor Noord-Holland, ook lid

- van de Tweede Kamer voor de liberalen. Zie: D.E. Lioni, Levensbericht van Dr. H.F.R. Hubrecht. 15 September 1844 – 1 Augustus 1926, *Jaarboek van de Maatschappij der Nederlandsche Letterkunde* (E.J. Brill, Leiden, 1927) p. 86-92.
- 66 Ernst Cohen, *Mannen en vrouwen van beteekenis in onze dagen. Jacobus Henricus van 't Hoff* (Redactie Mr. J. Kalf jr., Tjeenk Willink & Zoon, Haarlem, 1900) p. 1-48, p. 4. In dit artikel schrijft Cohen dat Van 't Hoff dit antwoord zou hebben gegeven tijdens zijn hbs-examen, maar in een brief aan Cohen van 26 februari 1900 (RMBA (a97)) corrigeert Van 't Hoff hem wat dat betreft.
 - 67 A.A.W. Hubrecht, Van 't Hoff als Delftsch student, p. 70.
 - 68 Th. van Doesburg, De Atlantische kabel, *Volksalmanak uitgegeven door de Maatschappij tot Nut van 't Algemeen* (G.L. Funke, Amsterdam, 1868) p. 118-144.
 - 69 Brief van P. van Rossem aan Cohen, 6 januari 1912, RMBA-VTH (No. 55).
 - 70 H.A.M. Snelders, De Tweede Gouden Eeuw van de Nederlandse natuurwetenschap, p.15.
 - 71 J.H. van 't Hoff, Getuigenschrift van de Hoogere Burgerschool met vijfjarigen cursus, JHUA (Ms 74, box 3, folder 1, Accomplishments and diplomas 1853-1871).
 - 72 Snellen van Vollenhoven was medeoprichter van de Nederlandse Entomologische Vereniging en grondlegger van het *Tijdschrift voor Entomologie*. Van 1854 tot 1873 werkte hij als conservator bij het Rijksmuseum van Natuurlijke Historie in Leiden.
 - 73 Brief van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, 18 augustus 1869, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
 - 74 Krantenadvertenties uit die periode laten zien dat Pijpers op verschillende plaatsen in Delft kamers verhuurde aan studenten.
 - 75 G.P.J. Verbong, Delftse ingenieurs tussen wetenschap en industrie (1875-1900), *Gewina*, 16 (1993) p. 248-260, p. 248.
 - 76 H.H.R. Roelofs Heyrmans, *Gedenkschrift van de Koninklijke Akademie en van de Polytechnische School, 1842-1905* (J. Waltman Jr., Delft, 1906) p. 55.
 - 77 Rob van den Berg, De laatste confrontatie tussen Rudolph Thorbecke en Gerrit Jan Mulder: de strijd rond Eduard Mulder, *Studium*, 12 (2019) p. 31-47.
 - 78 G.P.J. Verbong, Ingenieurs en het technisch onderwijs 1863-1890, in: H.W. Lintsen (red.), *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890. Deel v Techniek, beroep en praktijk* (Walburg Pers, Zutphen, 1994) p. 128-131.
 - 79 Wet van 2 Mei 1863 (Staatsblad No. 50), houdende regeling van het Middelbaar Onderwijs. Artikel 39.
 - 80 H.H.R. Roelofs Heyrmans, *Gedenkschrift*, p. 267.
 - 81 G.P.J. Verbong, Delftse ingenieurs, p. 253.
 - 82 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, najaar 1869, VTH-HA.
 - 83 A.A.W. Hubrecht, Van 't Hoff als Delftsch student, p. 71.
 - 84 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 3 oktober 1869, VTH-HA.
 - 85 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 16.
 - 86 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 1 augustus 1870, VTH-HA. 'Ik denk nog dikwijls aan onze reis en de heerlijke natuur waar in we ons bewogen hebben. Aan de Goslarers en de gebradene Universiteitspedellen.' Dit is een verwijzing naar *Die Harzreise* van Heinrich Heine, dat vader en zoon waarschijnlijk bij zich hadden tijdens hun vakantie. Voor Heine was de oude keizersstad Goslar een grote teleurstelling. De Dom was afgebroken en de prachtige keizerfiguren op het Gildehaus leken meer op 'gebradene Universitätspedellen' dan op de trotse Duitse keizers van weleer.
 - 87 Sybrand Heerma van Voss was een broer van een schoonzuster van zijn moeder.
 - 88 Boy Hendriks, Sybrand Heerma van Voss, in: *Nederlandse Ondernemers 1850-1950. Noord-Brabant, Limburg en Zeeland* (Redactie Joop Visser, Matthijs Dicke en Annelies van der Zouwen, Walburg Pers, Zutphen, 2009) p. 119-124.

- 89 Ingezonden brief van Heerma van Voss, 15 augustus 1930, *Tijdschrift der Algemeene Technische Vereeniging van Beetwortelsuikerfabrikanten en Raffinadeurs*, 26 (1930) p. 1.
- 90 M. Bakker, Laboratoria in de Nederlandse bietsuikerindustrie, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 9 (1986) p. 232-241, p. 233.
- 91 Brief van Van 't Hoff aan Heerma van Voss, 18 april 1883, Archief van S.C.J. Heerma van Voss, industrieel te Leur, 1866-1933, West-Brabants Archief (NL-BozwBA_raw-0082_008_027).
- 92 H.A.M. Snelders, J.H. van 't Hoff's research school in Amsterdam (1877-1895), *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 71 (1984) p. 1-30, p. 3.
- 93 S. Hoogewerff, Levensbericht A.C. Oudemans Jr., *Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* (1896) p. 69-94.
- 94 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 16.
- 95 G. van Iterson, L.E. den Dooren de Jong en A.J. Kluyver, Martinus Willem Beijerinck. His life and his work, in: *Beijerinck and the Delft School of Microbiology* (Eds. Pieter Bos and Bert Theunissen, Delft University Press, 1995) p. 11-12.
- 96 Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff 1852-1911 In Memoriam, *De Gids*, 75 (1911) p. 138-155, p. 150.
- 97 Auguste Comte, *Cours de philosophie positive. Tome 1-6* (5e édition, Bachelier, Paris, 1830-1848).
- 98 Auguste Comte, *Cours de philosophie positive. Tome 1* (5e édition, Bachelier, Paris, 1830) p. 2-3.
- 99 Michel Bourdeau, Auguste Comte, in: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Center for the Study of Language and Information, Stanford University, 2018) p. 7.
- 100 Ibidem, p. 8-9.
- 101 Marlies Dehler, Der Einfluss des Comte'schen Positivismus auf den jungen Chemiker Jacobus Henricus van 't Hoff und das damit im engen Zusammenhang stehende Klassifikationsmuster der Wissenschaften van 't Hoffs, *Wiss. Hefte der Pädagogischen Hochschule 'W. Ratke' Köthen*, 7 (1980) p. 137-139, p. 139.
- 102 Bernadette Bensaude-Vincent and Jonathan Simon, Positivism and chemistry, in: *Chemistry, the impure science* (Imperial College Press, London, 2008) p. 175-184.
- 103 William Whewell, *History of the inductive sciences from the earliest to the present time* (New revised edition, John W. Parker, London, 1837).
- 104 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 13 november 1877, VTH-HA.
- 105 Hij was ook een groot liefhebber en kenner van het werk van François Rabelais, *Gargantua et Pantragrue*, een serie van vijf Franse romans uit de zestiende eeuw.
- 106 Levensbericht Cornelis Johannes Wijnaendts Francken (1863-1944), *Jaarboek van de Maatschappij der Nederlandse Letterkunde* (1945) p. 61-77, p. 62. In dit In Memoriam wordt de anekdote over vader Van 't Hoff vermeld als een herinnering van Francken uit zijn Rotterdamse jeugd.
- 107 Jenny van 't Hoff jr., Herinneringen aan mijn Grootvader Dr J.H. van 't Hoff, *Herinneringen van Mevrouw J.F. Behn-van 't Hoff*, gedateerd 27 maart 1960, Van 't Hoff Huisarchief.
- 108 Brief van P. van Rossem aan Cohen, 6 januari 1912, RMBA-VTH (No. 55).
- 109 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, najaar 1871, in: *Brievenschriftje in bezit van het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht*, p. 1.
- 110 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, half juni 1874, VTH-HA.
- 111 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 9 november 1872, VTH-HA.

- 112 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 12 mei 1874, VTH-HA.
- 113 *Childe Harold's Pilgrimage* is een verhalend gedicht dat Lord Byron publiceerde tussen 1812 en 1818. Het verhaalt over de reizen van de jonge Childe Harold die uit onvrede over zijn aan plezier en pretmakerij verspilde jeugd de wereld intrekt om zijn leven een meer zinvolle betekenis te geven. Op zijn tochten komt hij in verschillende landen van Europa, Spanje, Portugal, Griekenland, Zwitserland, waar hij zich overgeeft aan filosofische, literaire en historische overpeinzingen, en bezoekt hij historisch belangrijke plekken als het slagveld van Waterloo. Childe Harold is het eerste voorbeeld van een 'Byronic hero', een hyperintelligent, charmant en gevoelig jongmens, onderhevig aan heftige stemmingswisselingen, met zelfs een neiging tot zelfdestructie en een afkeer van autoriteit.
- 114 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, mei 1873, VTH-HA.
- 115 Briefkaart van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 17 augustus 1887, VTH-HA.
- 116 Briefkaart van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 21 augustus 1887, VTH-HA.
- 117 Brief van vader Van 't Hoff aan Jenny, 15 september 1891, VTH-HA. 'Morgen ga ik uit op een Buste van Byron; of 'k er in slagen zal weet ik niet; want wel zag ik Byron in 't Thorwaldsen Museum, maar in 't klein nog niet.'
- 118 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 6 juni 1899, VTH-HA.
- 119 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 28 mei 1900, VTH-HA.
- 120 Jenny van 't Hoff jr., Herinneringen aan mijn Grootvader Dr J.H. van 't Hoff, *Herinneringen van Mevrouw J.F. Behn-van 't Hoff*, gedateerd 27 maart 1960, Van 't Hoff Huis-archief.
- 121 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, 31 december 1892, VTH-HA.
- 122 Brief van moeder Van 't Hoff aan Lambertus van 't Hoff, 1892, VTH-HA.
- 123 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 24 mei 1897, VTH-HA.
- 124 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 augustus 1871, VTH-HA. 'Uwe engelsche poezij deed mij naar mijn portefeuille omzien – daar moest nog iets in liggen van dien tijd – hier hebt ge 't als dankbare herinnering van Uw schrijven. [...] Bij mij is het onvermogen vaak buitengemeen groot! – soms lukken een paar regels en daarbij blijft het – gij hebt kans het verder te brengen – laat U dus door geen sterveling de lier uit de hand slaan.'
- 125 In het JHUA (Ms 74, box 1, folder 6) bevindt zich een enveloppe met handgeschreven (fragmenten van) gedichten, helaas allemaal ongedateerd.
- 126 Kaartje van een onbekend Nederlands literator, 11 september 1871, JHUA (Ms 74, box 1, folder 6).
- 127 Horatius, *Ars Poetica*, regel 388: 'Nonum prematur in annum.' Vertaling is van Piet Schrijvers, *Horatius. Verzamelde gedichten* (Historische Uitgeverij, Groningen, 2003) p. 564-565.
- 128 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, najaar 1871, VTH-HA.
- 129 Lord Byron, *Epitaph to a Dog* (ook wel 'Inscription on the Monument to a Newfoundland Dog'), in: Lord Byron, *The Complete Poetical Works of Lord Byron* (Ed. Paul Elmer More, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1905) p. 154.
- 130 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, tweede helft januari 1873, in: *Brievenschriftje*, p. 48-52.
- 131 Lord Byron, *Childe Harold's Pilgrimage*, Canto The Third, XVIII, in: Lord Byron, *The Complete Poetical Works of Lord Byron* (Ed. Paul Elmer More, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1905) p. 1-83, p. 37-38.
- 132 J.H. van 't Hoff, Dagboek van de reis naar Sedan, 22 september 1870, RMBA-VTH (No. 4).

Ernst Cohen, Van 't Hoff's bezoek aan het slagveld van Sedan (1870), *Chemisch Weekblad*, 11 (1914) p. 870-883.

- 133 Toni Nijhof-Brink, persoonlijke mededeling.
- 134 Op de cijferlijst prijken twee tienen voor Bolvormige driehoeksmeting en Analytische meetkunde, een acht voor Beschrijvende meetkunde, twee zevens voor Toegepaste natuurkunde en Toegepaste en analytische scheikunde en een mager zesje voor Technische scheikunde (van Levoir). Opvallend zijn twee onvoldoendes (een vier en een vijf) voor Ornament- en handtekenen en voor Burgerlijke bouwkunde. De cijferlijst is te vinden in een vitrine in het huidige Van 't Hoff Laboratorium in het Hugo R. Kruytgebouw in Utrecht (Utrecht Science Park 'De Uithof').
- 135 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 4 november 1878, VTH-HA.
- 136 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 april 1873, VTH-HA.
- 137 Bernadette Bensaude-Vincent and Jonathan Simon, Positivism and chemistry, p. 175-184.
- 138 H.H.R. Roelofs Heyrmans, *Gedenkschrift*, p. 145.
- 139 G.P.J. Verbong, Delftse ingenieurs, p. 251.
- 140 H.H.R. Roelofs Heyrmans, *Gedenkschrift*, p. 145.
- 141 Willem Otterspeer, *De wiekslag van hun geest: de Leidse universiteit in de negentiende eeuw* (Stichting Hollandse Historische Reeks, 's Gravenhage, 1992) p. 353.
- 142 J.H. van 't Hoff, Antrittsrede. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1896 (zweiter Band) p. 745-747, p. 745. 'Meine mathematischen Bedürfnisse führten mich nach der Universität Leiden.'

2 Hollands proza, Duitse poëzie

- 1 J.H. van 't Hoff, Dagboek I (oktober-december 1905), 28 oktober 1905, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 2 W.P. Jorissen, *Het chemisch (thans anorganisch chemisch) laboratorium der universiteit te Leiden van 1859-1909 en de chemische laboratoria dier universiteit vóór dat tijdvak en hen die er doceerden* (A.W. Sijthoff's Uitgeversmaatschappij, Leiden, 1909) p. 1-8.
- 3 Leiden. *De geschiedenis van een Hollandse stad. Deel 3 1795-1896* (Red. Boudien de Vries, Stichting Geschiedschrijving Leiden, 2004).
- 4 Ibidem, p. 229-230.
Willem Otterspeer, *Groepsportret met dame. De werken van den wetenschap. De Leidse Universiteit 1776-1876* (Bert Bakker, Amsterdam, 2005).
- 5 Centraal Bureau voor de Statistiek, *Statistiek van het hooger onderwijs 1930 (editie 1930-1931)*. Historisch-statistisch overzicht over honderd jaren hooger onderwijs – Staat 1. Aantal studenten per universiteit voor elk der faculteiten afzonderlijk. a. De jaren 1830-1899, p. 10-11.
- 6 Frits Berends en Dirk van Delft, *Lorentz. Gevierd fysicus, geboren verzoener* (Prometheus, Amsterdam, 2019) p. 63.
- 7 Brief van de Minister van Staat en Binnenlandsche Zaken aan Van 't Hoff, 2 februari 1871, JHUA (Ms 74, box 3, folder 1, Accomplishments and diplomas 1853-1871).
- 8 Rob van den Berg, *Van der Waals. Krachten die de wereld bijeenhouden* (Veen, Amsterdam, 2007) p. 15. Van der Waals haalde zijn kandidaats in vijf maanden, Lorentz deed er iets meer dan een jaar over.
- 9 J.H. van 't Hoff, De physiologische beteekenis der jongste stroomingen op natuur- en scheikundig gebied, *Handelingen van het Derde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres (gehouden te Utrecht op den 3den en 4den April 1891)* (J. van Boekhoven, Utrecht, 1891) p. 26-36, p. 27.

- 10 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 27 juli 1871, VTH-HA.
- 11 In Act 1 Scene 3 van Hamlet, geeft Lord Polonius dit advies aan zijn zoon Laertes, die op het punt staat naar Frankrijk af te reizen.
- 12 Tekeningen van de voetreis door het Zwarte Woud in juli en augustus 1871, deels in het RMBA-VTH (No. 3), deels in de JHUA (Ms 74, box 3, folder 1, Accomplishments and diplomas 1853-1871).
- 13 De Tombe van Nellesteijn werd naar een ontwerp van architect Jan David Zocher gebouwd voor mr. Cornelis Jan van Nellesteijn en zijn familie. (Wikipedia-lemma 'Graftombe van Nellesteijn').
- 14 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 augustus 1871, VTH-HA. 'Gij hebt het er tot hiertoe met Uwe financieën goed afgebragt en zult zodoende, uit dat oogpunt, nog gevolg geven aan Uw project – Schaffhausen en Constanzt'
- 15 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 14 september 1871, VTH-HA.
- 16 In de Tweede Kamer werd al volop gediscussieerd over een nieuwe Wet op het Hoger Onderwijs, maar die zou er pas vijf jaar later komen. Zie: Bastiaan Willink, *De Tweede Gouden Eeuw. Nederland en de Nobelprijzen voor natuurwetenschappen 1870-1940* (Bert Bakker, Amsterdam, 1998) p. 37-41.
- 17 M. Groen, *Het wetenschappelijk onderwijs in Nederland van 1815-1980. Een onderwijskundig overzicht. Deel 7: Wis- en Natuurkunde* (EUT report. WM, Eindhoven University of Technology, Department of Philosophy and Social Sciences; Vol. 86- WM-007, 1986) p. 9.
- 18 Brieven van Van 't Hoff aan zijn ouders, 3 mei 1872 en 10 mei 1872, in: *Brievenchriftje* in bezit van het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht.
- 19 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 24.
- 20 Brief van Hesselink van Suchtelen aan Cohen, ongedateerd, geciteerd in: Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 25.
- 21 Willem Otterspeer, *Groepsportret met dame. De werken van den wetenschap. De Leidse Universiteit 1776-1876* (Bert Bakker, Amsterdam, 2005) p. 360-362.
- 22 *Almanak van het Leidsch Studenten-Corps voor het jaar 1865* (A.W. Sijthoff, Leiden) p. 31.
- 23 Gerrit van Dijk, *Leidse hoogleraren wiskunde 1575-1975* (Universiteit Leiden, 2011) p. 46-49.
- 24 In de *Verslagen en Mededelingen van de Akademie* publiceerde hij een reeks van 33 artikelen onder de titel 'Bouwstoffen voor de geschiedenis der wis- en natuurkundige wetenschappen in de Nederlanden', en in 1883 verscheen zijn *Bibliographie Néerlandaise historico-scientifique des ouvrages importants dont les auteurs sont nés aux 16e, 17e et 18e siècle, sur les sciences mathématiques et physiques avec leurs applications*, nog altijd een belangrijke en veelgebruikte bron.
- 25 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 24 juli 1909, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 26 Deze zijn grotendeels verzameld in het VTH-HA.
- 27 In een brief van 9 augustus 1871 (VTH-HA) maakt Moeder Van 't Hoff hier overigens ook een opmerking over: 'uit uw schrijven zie ik (voor zoo ver leesbaar!!) dat...'
- 28 Brief van Lord Byron aan Thomas Moore, 19 september 1818, in: Thomas Moore, *The life of Lord Byron with his letters and journals and illustrative notes* (John Murray, London, 1844) p. 389-390. 'But the bore of copying it out is intolerable; and if I had an amanuensis he would be of no use, as my writing is so difficult to decipher.'
- 29 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, najaar 1871, in: *Brievenchriftje*, p. 12.
- 30 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, najaar 1871, in: *Brievenchriftje*, p. 2.
- 31 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, najaar 1871, in: *Brievenchriftje*, p. 13.

- 32 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, najaar 1871, in: *Brieven-schriftje*, p. 14.
- 33 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 2 februari 1872, VTH-HA.
- 34 W. Otterspeer, De studententijd van Co Modderman, *Jaarboekje voor geschiedenis en oudheidkunde van Leiden en omstreken*, 78 (1986) p. 102-133, p. 113.
- 35 Willem Otterspeer, *De wiekslag van hun geest. De Leidse universiteit in de negentiende eeuw* (Stichting Hollandse Historische Reeks, 's Gravenhage, 1992) p. 339.
- 36 A.H. van der Boon Mesch, *Oratio de chymiae artibus junctae fine et officio* (Oratie, 9 mei 1829, Universiteit van Leiden).
- 37 H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1993) p. 84.
- 38 A.H. van der Boon Mesch, *Leerboek der Scheikunde, met toepassing op kunsten en fabryken* (Sterck, Delft, 1831-1835).
- 39 W.P. Jorissen, *Het chemisch (thans anorganisch chemisch) laboratorium der universiteit te Leiden van 1859-1909*, p. 5-6.
- 40 W.P. Jorissen, L.C. Levoir, *Chemisch Weekblad*, 5 (1908) p. 275-279, p. 276.
S. Hoogewerff, Levensbericht A.C. Oudemans Jr., *Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* (1896) p. 69-94, p. 71.
- 41 Willem Otterspeer, *De wiekslag van hun geest*, p. 121-122.
- 42 W.P. Jorissen, *Het chemisch (thans anorganisch-chemisch) laboratorium der universiteit te Leiden van 1859-1909*, p. 3-7.
- 43 W. Otterspeer, De studententijd van Co Modderman, p. 118.
- 44 Brief van Van 't Hoff aan moeder Van 't Hoff, 31 mei 1872, in: *Brieven-schriftje*, p. 12.
- 45 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 april 1873, VTH-HA.
- 46 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, oktober 1872, in: *Brieven-schriftje*, p. 18.
- 47 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, oktober 1872, in: *Brieven-schriftje*, p. 36-37.
Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, eind oktober 1872, in: *Brieven-schriftje*, p. 28-30.
- 48 Ernst Cohen, Vijftig jaren uit de geschiedenis eener theorie (1874-1924). Hare grondleggers, *Chemisch Weekblad*, 21 (1924) p. 482-490, p. 484.
- 49 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 11 oktober 1872, VTH-HA.
- 50 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, eind oktober 1872, VTH-HA.
- 51 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 12 oktober 1872, VTH-HA.
- 52 Ibidem.
- 53 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, midden oktober 1872, in: *Brieven-schriftje*, p. 28-30.
- 54 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, eind oktober 1872, VTH-HA.
- 55 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, eerste helft oktober 1872, in: *Brieven-schriftje*, p. 36-39.
- 56 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, midden oktober 1872, in: *Brieven-schriftje*, p. 24-25.
- 57 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 22 oktober 1872, VTH-HA.
- 58 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, eind oktober 1872, VTH-HA.
- 59 Ibidem.
- 60 Ibidem.
- 61 Brief van Van 't Hoff aan moeder Van 't Hoff, begin november 1872, in: *Brieven-schriftje*, p. 20-23.
- 62 Alan J. Rocke, *The Quiet Revolution. Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry* (University of California press, Berkeley, 1993).
Alan J. Rocke, *Image and Reality. Kekulé, Kopp and the Scientific Imagination* (University of Chicago press, Chicago, 2010).

- 63 Richard Anschütz, *August Kekulé, in zwei Bänden. Band I. Leben und Wirken* (Verlag Chemie GmbH, Berlin, 1929) p. 365-377.
- 64 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, eind oktober 1872, in: *Brievenchriftje*, p. 32-34.
- 65 Richard Anschütz, *August Kekulé, in zwei Bänden*, p. 458-463.
- 66 Ze publiceerden samen een artikel: Walther Spring en J.H. van 't Hoff, Über einen Fall durch Druck bewirkter chemischer Zersetzung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 227-230.
- 67 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, eind oktober 1872, in: *Brievenchriftje*, p. 32-34.
- 68 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, 14 december 1872, in: *Brievenchriftje*, p. 44-46. 'Ik zou mijn nieuwe verbinding kunnen sturen, [bij wijze van verjaardagsgeschenk aan zijn moeder die twee dagen later jarig is, RvdB] doch dan denkt gij wellicht dat ik geheel eerzucht ben.'
- 69 Ernst Cohen, Vijftig jaren uit de geschiedenis eener theorie, p. 484. In een veel latere brief van zijn moeder refereert zij ook aan een meisje uit het Kinzig-dal (Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, december 1878, VTH-HA).
- 70 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, half november 1872, in: *Brievenchriftje*, p. 40-42.
- 71 Kekulé was dit werk begonnen in samenwerking met Anton Fleischer, een hoogleraar van de Universiteit van Klausenburg (het Roemeense Cluj) en had hier al over gepubliceerd, Zie: A. Fleischer und A. Kekulé, Oxycymol aus Campher, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 934-936. Aug. Kekulé und A. Fleischer, Untersuchungen über einige Körper der Camphergruppe. Carvol und Carvacrol, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 1087-1092.
- 72 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, half november 1872, in: *Brievenchriftje*, p. 40-42.
- 73 J. de Santos e Silva, Ueber die Brom-camphocarbonsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 1092-1093. W. Carleton Williams, Ueber Terebinsäure und Pyroterebinsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) 1094-1098. W. Petrieff, Ueber die Aethylcrotonsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 1098-1101.
- 74 Richard Anschütz, *August Kekulé, in zwei Bänden*, p. 437-439.
- 75 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, begin februari 1873, in: *Brievenchriftje*, p. 62-65.
- 76 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 57.
- 77 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 april 1873, VTH-HA.
- 78 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, midden april 1873, VTH-HA.
- 79 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 april 1873, VTH-HA.
- 80 De exacte spelwijze van haar naam is onduidelijk. Ze wordt alleen genoemd in brieven van de ouders. Haar naam wordt daarin aanvankelijk gespeld als Fiderouv en Fideroff, maar later lijkt Federoff als enig juiste te zijn gebruikt.
- 81 Anika Zimmermann, Archiv der Universität Bonn, persoonlijke mededeling.
- 82 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, eind januari 1874, VTH-HA.
- 83 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 11 juni 1873, VTH-HA.
- 84 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, 15 juni 1873, in: *Brievenchriftje*, p. 66-69.
- 85 Ibidem. 'Eine schöne Gedanke, die vielleicht zu einer allgemeinen Synthese führen kann.'
- 86 J.H. van 't Hoff, Ueber eine neue Synthese der Propionsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 1107-1108.
- 87 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, 15 juni 1873, in: *Brievenchriftje*, p. 66-69. 'Een getuigschrift krijgt u, en een erg mooi getuigschrift ook.'
- 88 Telegram van Van 't Hoff aan zijn ouders, 14 juni 1873, JHUA (Ms 74, box 3, folder 2, Accomplishments and diplomas 1873-1886).

- 89 Brief van Kekulé aan Van 't Hoff, 16 juni 1873, Universitäts- und Landesbibliothek Bonn, Dezernat 5/Handschriften, Rara, Altbestand (S2749:4 Nachlass Kekulé). 'Herr Jakobus Henricus van 't Hoff aus Rotterdam hat seit Herbst 1872 bis heute unter der speziellen Leitung des unterzeichneten im Laboratorium des chemischen Instituts der hiesigen Universität gearbeitet. Mit vorzüglicher Kenntnissen in den verschiedenen Gebieten der Chemie ausgestattet und schon recht gewandt im Experimentieren, hat er sich teilweise mit Darstellung chemischer Präparate, teilweise mit selbstständigen Untersuchungen beschäftigt, welche letzteren sehr interessante Resultate zu geben versprechen.'
- 90 Aanbevelingsbrief van Kekulé voor Dr. Franchimont, 19 maart 1872, Personalia Franchimont, BPL3290, Leidse Universiteitsbibliotheek. 'Von Natur geschickt und von früher schon ziemlich geübt im Experimentieren, ist er jetzt zu einem Recht gewandten Experimentator geworden. [...] Er würdigt also nicht der weit verbreiteten Meinung, dass man, nach glücklich bestandener Prüfung, nichts weiteres mehr lernen könne. [...] befähigt ist eine jede Lehrstelle zum Vorteil und zur Ehre des Institutes, welches ihn erwirbt, auszufüllen.'
- 91 August Kekulé, *Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie. Rede, gehalten beim Antritt des Rectorats der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität am 18. Oktober 1877* (Verlag von Max Cohen & Sohn (Fr. Cohen), Bonn, 1878).
- 92 J.H. van 't Hoff, August Kekulé (1829-1896), *Die Nation, Wochenschrift für Politik, Volkswirtschaft und Litteratur* [sic], XII Jahrgang (1895/1896) p. 646-647.
- 93 J.H. van 't Hoff, Ueber eine neue Synthese der Propionsäure, p. 1107-1108.
- 94 Op de uitschrijvingspapieren staat vermeld: 'Hinsichtlich seines Verhaltens ist in sittlicher und in ökonomischer Rücksicht nichts Nachtheiliges bekannt geworden.'
- 95 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 20 december 1902. RMBA (a97).
- 96 Ibidem.
- 97 Henry J. Bulkeley, *Walled in and other poems* (Henry S. King and Co., London, 1872).
- 98 Doctoraal J.H. van 't Hoff, Register van opgaven en overige bijzonderheden van de doctoraal examens 1871-1889, Het Utrechts Archief, Archief van de faculteiten der Rijksuniversiteit Utrecht (292-2_#479). Isomeren zijn verbindingen met een identieke samenstelling (bijvoorbeeld evenveel C, H en O-atomen), maar met soms totaal verschillende fysische en chemische eigenschappen. In het volgende hoofdstuk komt dit uitgebreid aan de orde.
- 99 Ibidem.
- 100 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, 15 juni 1873, in: *Brievenchriftje*, p. 66-69.
- 101 Richard Anschütz, *August Kekulé, in zwei Bänden*, p. 152 en p. 154.
- 102 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, eind januari 1874, VTH-HA.
- 103 Ibidem.
- 104 Ibidem.
- 105 Twaalf coupletten van elk negen regels met het rijmschema ABABBCACC. Hij wijkt hiermee enigszins af van het originele Spenserian rijmschema en dat van Lord Byron, die het rijmschema ABABBCBCC gebruikten.
- 106 J.H. van 't Hoff, *Elegy on the death of a lady student at Bonn, died January 20, 1874* (printed by P. Hauptmann, Bonn).
- 107 Byron ontleende deze vorm (het 'Spenserian stanza') op zijn beurt weer aan *The Faerie Queene* van de dichter Edmund Spenser, die leefde in de tijd van Elisabeth I van Engeland.
- 108 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, eind januari 1874, VTH-HA.
- 109 De enige die, afgezien van de familie, op Van 't Hoffs *Elegy* heeft gereageerd, was een in Bonn woonachtige, Nederlandse schrijfster, componiste en actief feministe, Catharina van Rees. Zij streed voor vrouwenrechten en uitbreiding van het onderwijs voor vrou-

wen. In de zomer van 1875 schreef ze Van 't Hoff een brief, waarin ze hem bedankte voor zijn sympathie voor Elisabeth en voor de *Elegy*: 'Uwe sympathie voor Elisabeth van Federoff is mij te aangener, omdat de roeping die haar den studieweg opdreef, door velen nog als een onvrouwelijk streven wordt aangemerkt. Het veroordeel blijft helaas, een gevaarlijke mededinger van recht en billijkheid en die het overwonnen heeft, kan hier het best van getuigen. Gij deedt dit, mijnheer!' Zie: Brief van Catharina van Rees aan Van 't Hoff, 16 juni 1875, RMBA-VTH (No. 5).

- 110 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 28 mei 1874, VTH-HA.
- 111 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 12 juni 1874, VTH-HA.
- 112 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 13 juni 1874, VTH-HA. 'Als gij uw' wensch vervuld ziet om hier of daar assistent te worden, en daár bijv. 5 of f 600 verdienende er wat bij moest hebben, kent gij ons genoeg om te weten hoe wij daarover zouden denken, maar dan is toch in de eerste plaats nodig dat gij met orde uwe fin. zaken kunt beheeren; hoe dikwijls bespraken we dit reeds!'
- 113 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 68.
- 114 Charles Friedel, Notice sur la vie et les travaux de Charles-Adolphe Wurtz, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 43 (1885) p. 1-50.
- 115 Jean-Claude Streicher, *Joseph Achille Le Bel. Pechelbronn et la chimie* 3D (Jérôme Do Bentzinger Éditeur, 2015) p. 23.
'Van 't Hoff était si tranquille, qu'on ne faisait pas grande attention à lui.'
- 116 Aanbevelingsbrief van Adolphe Wurtz voor Van 't Hoff, 25 juni 1874, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 117 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 2 maart 1874, VTH-HA.
- 118 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 6 juni 1874, VTH-HA.
- 119 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 12 mei 1874, VTH-HA.
- 120 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 8 juni 1874, VTH-HA.

3 Moleculen in drie dimensies

- 1 W. Hittorf, Der hochverehrte Präsident der deutschen Elektrochemischen Gesellschaft, Herr Prof. Dr. J.H. Van 't Hoff, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 6 (1899) p. 46.
'Dem gottbegnadigten Seher des Altertums vergleichbar, welcher die dem gewöhnlichen Sterblichen verhüllte Zukunft [...] klar übersah, vermochte van 't Hoff fast im Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn tief in das Innere der Natur zu schauen und Beziehungen von gewaltiger Tragweite zu erkennen.'
- 2 De beginjaren van de organische chemie en de ontwikkeling van de structuurtheorie en de stereochemie zijn in tal van boeken en artikelen beschreven. Voor dit hoofdstuk heb ik me met name gebaseerd op: Peter J. Ramberg, *Chemical Structure, Spatial Arrangement. The Early History of Stereochemistry 1874-1914* (Ashgate Publishing Company, 2003). O. Bertrand Ramsay, *Stereochemistry* (Heyden & Son Ltd., London, 1981) p. 52-115. Alan J. Rocke, *The Quiet Revolution. Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry* (University of California press, Berkeley, 1993). Alan J. Rocke, *Image and Reality. Kekulé, Kopp and the Scientific Imagination* (University of Chicago press, Chicago, 2010).
- 3 J.H. van 't Hoff, *Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuur-formules in de ruimte; benevens een daarmee samenhangende opmerking omtrent het verband tusschen optisch actief vermogen en chemische constitutie van organische verbindingen* (J. Greven, Utrecht, 1874).
- 4 Frederic L. Holmes, The Complementarity of Teaching and Research in Liebig's Laboratory, *Osiris*, 5 (1989) p. 121-164.

- 5 Nicholas W. Fisher, Wislicenus and lactic acid: the chemical background to Van 't Hoff's hypothesis, in: *Van 't Hoff-Le Bel Centennial* (O. Bertrand Ramsay, Washington DC, 1975) p. 33-54.
- 6 J.B. Morrell, The Chemist Breeders: The Research Schools of Liebig and Thomas Thomson, *Ambix*, 19 (1972) p. 1-46.
Gerald L. Geison, Scientific Change, Emerging Specialties, and Research Schools, *History of Science*, 19 (1981) p. 20-40.
- 7 Geciteerd in: Jost Weyer, Die Aufnahme der Van 't Hoff'schen Hypothese vom asymmetrischen Kohlenstoffatom (1874) in Deutschland, in: *Medizin, Naturwissenschaft, Technik und das Zweite Kaiserreich. Vorträge eines Kongresses vom 6. bis 11. Sept. 1974 in Bad Nauheim* (G. Mann und R. Winau, Göttingen, 1977) p. 311-320, p. 311. 'Die organische Chemie kann einen jetzt ganz toll machen. Sie kommt mir wie ein Urwald der Tropenländer vor, voll der merkwürdigsten Dinge, ein ungeheures Dickicht, ohne Ausgang und Ende, in das man sich nicht hineinwagen mag.'
- 8 Voor een overzicht van de ontwikkeling van de theorieën op organisch-chemisch gebied, zie: William H. Brock, *The Fontana History of Chemistry* (Fontana Press, London, 1992) p. 210-240.
- 9 Aaron J. Ihde, *The development of modern chemistry* (Harper & Row, New York, 1966) p. 184-191.
- 10 Ibidem, p. 191-198.
- 11 N.W. Fisher, Organic Classification before Kekulé (parts I and II), *Ambix*, 20 (1973) p. 106-131 en p. 209-222.
- 12 Een term geïntroduceerd door wetenschapshistoricus Alan Rocke in zijn boek *The Quiet Revolution*.
- 13 Bernadette Bensaude-Vincent, Languages in chemistry, in: *The Cambridge History of Science, Volume 5 The Modern Physical and Mathematical Sciences* (Edited by Mary Jo Nye, Cambridge University Press, 2002) p. 174-190.
- 14 August Kekulé, Über die Constitution und die Metamorphosen der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffs, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 106 (1858) p. 129-159.
- 15 N.W. Fisher, Kekulé and Organic Classification, *Ambix*, 21 (1974) p. 29-52. Erwin N. Hiebert, The experimental basis of Kekule's valence theory, *Journal of Chemical Education*, 36 (1959) p. 320-327.
- 16 Alan J. Rocke, *Image and Reality*, p. 175. 'Es ist heutzutage eine verfluchte Geschichte Chemie zu arbeiten, man ist nie sicher nicht von Andern überrumpelt zu werden.'
- 17 Hermann Kolbe, Über die Structurformeln und die Lehre von der Bindung der Atome, *Journal für praktische Chemie*, 3 (1871) p. 127-136, p. 132-133. 'Ich erachte es immer als ein bedenkliches und verdächtiges Zeichen für eine Lehre, wenn dieselbe schwierige Fragen so leicht beantwortet, daß ganz junge unerfahrene Chemiker darüber mitreden und aburtheilen können... Der reifere Chemiker weiss und hat es hundert Mal selbst erfahren, daß die Natur sich ihre Geheimnisse so leicht nicht ablauschen läßt.'
- 18 Alan J. Rocke, *The Quiet Revolution*, p. 314.
- 19 Het systeem van Crum Brown lijkt nog het meest op wat chemici tegenwoordig gebruiken: bindingen tussen atomen worden weergegeven door streepjes waarbij de valentie van elk atoom overeenkomt met het aantal bindingsstreepjes.
- 20 C. Meinel, Molecules and Croquet Balls, in: *Displaying the Third Dimension: Models in Science, Technology, and Medicine* (Eds. S.H. de Chadarevian and N. Hopwood, Stanford, California, 2004) p. 242-275. Christoph Meinel, Kugeln und Stäbchen: Vom kulturellen Ursprung chemischer Modelle, *Blick in die Wissenschaft*, 18 (2006) p. 10-18.

- 21 Johannes Wislicenus, Studien zur Geschichte der Milchsäure und ihrer Homologen, *Annalen der Chemie*, 128 (1863) p. 1-67.
- 22 Gerald L. Geison, *The private science of Louis Pasteur* (Princeton University Press, Princeton, 1995) p. 73-78.
- 23 L. Pasteur, Mémoire sur les acides aspartique et malique, *Annales de Chimie et de Physique*, III 34 (1852) p. 30-64.
- 24 August Kekulé, Die Chemie auf der 43. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Innsbruck, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 2 (1869) p. 548-551, p. 551. 'Räumliche Vorstellung über die Gruppierung der Atome.' Deze formulering was niet zo door Wislicenus zelf opgeschreven, maar opgetekend door Kekulé die voor de *Berichte* verslag deed van de bijeenkomst.
- 25 Peter J. Ramberg, *Chemical Structure, Spatial Arrangement*, p. 46.
- 26 Johannes Wislicenus, Ueber die isomeren Milchsäuren. Zweite Abhandlung. Ueber die optisch-active Milchsäure der Fleischflüssigkeit, die Paramilchsäure, *Annalen der Chemie*, 167 (1873) p. 302-346.
- 27 Nicholas W. Fisher, Wislicenus and lactic acid, p. 45.
- 28 Johannes Wislicenus, Ueber die isomeren Milchsäuren, *Annalen der Chemie*, 166 (1873) p. 3-64. Johannes Wislicenus, Ueber die Ethylenmilchsäuren, *Annalen der Chemie*, 167 (1873) p. 346-356.
- 29 Doctoraal J.H. van 't Hoff, Register van opgaven en overige bijzonderheden van de doctoraal examens 1871-1889, Het Utrechts Archief, Archief van de faculteiten der Rijksuniversiteit Utrecht (292-2_#479).
- 30 Alan J. Rocke, *Image and Reality*, p. 238.
- 31 Ernst Cohen, De promotie van Professor Van 't Hoff en de opening van het Van 't Hoff-Laboratorium, *Chemisch Weekblad*, 1 (1904) p. 511-517, p. 516.
- 32 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 85.
- 33 J.H. van 't Hoff, *Die Lagerung der Atome im Raume, Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage* (Friedrich Vieweg u. Sohn, Braunschweig, 1894).
- 34 O. Meister, Sitzung der chemischen Harmonika vom 2. November 1869, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 2 (1869) p. 619-621, p. 621.
- 35 Hij schreef zich op 23 oktober 1874 in als student.
- 36 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 26 maart 1903, RMBA (a97). 'Nog zie ik den door het kauwen in beweging gebrachten rug van E. Mulder als hij in eenen hoek van het laboratorium naar hij meende ongemerkt zijn twaalfuurtje verorberde en zijn vorschenden blik in de beker glazen, waarin een restantje wijn was van den vorigen avond toen collega Smit en ik onder dit genot eene verbranding hadden voltooid met gewenschte uitkomst.'
- 37 Elisabeth Crawford, *Arrhenius. From Ionic Theory to the Greenhouse Effect* (Science History Publications/USA, 1996) p. 21-48.
- 38 G.J.W. Bremer, *Een rechtsdraaiend appelzuur* (Proefschrift, Universiteit van Utrecht, 15 oktober 1875).
- 39 Peter J. Ramberg and Geert J. Somsen, The young Van 't Hoff: The Background to the Publication of his 1874 Pamphlet on the Tetrahedral Carbon Atom, Together with a New English Translation, *Annals of Science*, 58 (2001) p. 51-74, p. 64.
- 40 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 72.
- 41 Peter J. Ramberg and Geert J. Somsen, The young Van 't Hoff, p. 64.
- 42 Tonco Modderman (1818-1879) was predikant geweest van de Rotterdamse Hervormde Gemeente van 1850-1858 en had daar de ouders van Van 't Hoff leren kennen.

- 43 Brief van Tjaden Modderman aan onbekende, 17 oktober 1874, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 44 Vijftig jaar later overkwam twee jonge Nederlandse studenten, Sam Goudsmit en George Uhlenbeck, iets soortgelijks. Als verklaring van onbegrepen lijnen in atoomspectra hadden zij het idee opgevat dat het elektron een spin moest hebben. Ze schreven hier een kort artikel over en legden dat wél voor aan hun Leidse hoogleraar Paul Ehrenfest. Toen ze later koude voeten kregen en dat aan Ehrenfest lieten weten, vertelde hij dat hij het artikel al had ingediend: 'U bent allebei nog jong genoeg om zich een domheid te kunnen permitteren!' Wat ze niet wisten was dat een Duitse natuurkundige, Ralph Kronig, hen eigenlijk voor was geweest. Hij had zijn idee echter voorgesteld aan Wolfgang Pauli, die het zo belachelijk vond, dat Kronig had afgezien van publicatie, waardoor Goudsmit en Uhlenbeck met de eer van de ontdekking gingen strijken. Zie: G.E. Uhlenbeck en S. Goudsmit, Ersetzung der Hypothese vom unmechanischen Zwang durch eine Forderung bezüglich des inneren Verhaltens jedes einzelnen Elektrons, *Die Naturwissenschaften*, 13 (1925) p. 953-954. George E. Uhlenbeck, Fifty years of spin. Personal reminiscences, *Physics Today*, June 1976, p. 43-48, p. 44. 'Sie sind beide jung genug um sich eine Dummheit leisten zu können!'
- 45 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 6 juni 1874, VTH-HA.
- 46 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 8 juni 1874, VTH-HA.
- 47 Ibidem.
- 48 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 12 juni 1874, VTH-HA.
- 49 Van Bemmelen deed dat op 25 april en Franchimont op 2 mei 1874.
- 50 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 12 juni 1874, VTH-HA.
- 51 Franchimont zou in januari 1875 de Duitse chemicus Friedrich Kessel aanstellen als assistent. Zie: W.P. Jorissen, *Het chemisch (thans anorganisch chemisch) laboratorium der universiteit te Leiden van 1859-1909 en de chemische laboratoria dier universiteit vóór dat tijdvak en hen die er doceerden* (A.W. Sijthoff's Uitgeversmaatschappij, Leiden, 1909) p. 100.
- 52 F.H. van Lunteren, Wetenschap voor het vaderland. J.D. van der Waals en de Afdeling Natuurkunde, in: *De Akademie en de Tweede Gouden Eeuw* (onder redactie van K. van Berkel, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 2004) p. 43-106, p. 50. W.P. Jorissen, Jacobus Henricus van 't Hoff en de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, *Chemisch Weekblad*, 44 (1948) p. 474-477.
- 53 Ernst Cohen, Van Kasteleijn tot Jorissen, *Chemisch Weekblad*, 36 (1939) p. 846-855.
- 54 Brief van Van 't Hoff aan Van Bemmelen, ongedateerd, RMBA (a99).
- 55 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 10 augustus 1874, VTH-HA.
- 56 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 27 juni 1874, VTH-HA.
- 57 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 10 juli 1874, VTH-HA.
- 58 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 10 augustus 1874, VTH-HA.
- 59 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, midden augustus 1874, VTH-HA.
- 60 Het assistentschap bij zijn promotor Eduard Mulder, waar Van 't Hoff naar verwijst, speelde overigens pas een jaar ná zijn promotie, eind 1875. In hoofdstuk 4 komen we nog uitgebreid op deze kwestie terug.
- 61 Een grote, in de streek van Keulen gebouwde rijnaak.
- 62 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 24 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 63 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 85.
- 64 Alan J. Rocke, *Image and Reality*, p. 223. Rocke verwijst hier naar een passage uit de Kekulé-biografie van Anschütz (p. 356, noot 1), waarin deze de modellen met messing staafjes en gekleurde houten bolletjes nauwkeurig beschrijft.

- 65 Richard Anschütz, *August Kekulé, in zwei Bänden. Band I. Leben und Wirken* (Verlag Chemie GmbH, Berlin, 1929) p. 438-439.
- 66 J.H. van 't Hoff, *Voorstel*, p. 3.
- 67 J.H. van 't Hoff, *Voorstel*, p. 4.
- 68 Brief van Van 't Hoff aan Bremer, mei of juni 1875, RMBA-VTH (No. 60). J.H. van 't Hoff, Over de inwerking van zink op een mengsel van jood- of chloorazijnzuren en oxaal-zuren ether, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1877) p. 111-114.
- 69 A.A.W. Hubrecht, Van 't Hoff als Delftsch student, *Gedenkboek van het xide lustrum van het Delftsch Studentencorps* (J. Waltman Jr., Delft, 1903) p. 69-72.
- 70 Brief van Van der Plaats aan Cohen, 31 december 1899, RMBA (a40).
- 71 J.H. van 't Hoff, Beiträge zur Kenntniss der Cyanessigsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 7 (1874) p. 1382-1383. J.H. van 't Hoff, Beiträge zur Kenntniss der Cyanessigsäure und Malonsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 7 (1874) p. 1571-1572. J.H. van 't Hoff, Faits pour servir à l'histoire de l'acide cyanacétique, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 22 (1874) p. 486-487.
- 72 J.H. van 't Hoff, Bemerkung zur Arbeit des Herrn Petrieff über die Dibrommalon-säure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 8 (1875) p. 355. J.H. van 't Hoff, Matériaux pour la connaissance des acides cyanacétique et malonique, *Archives Néerlandaises*, 10 (1875) p. 274-288.
- 73 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 87.
- 74 Jacobus Henricus van 't Hoff, *Bijdrage tot de kennis van cyanazijnzuur en malonzuur* (Proefschrift, Hoogeschool Utrecht, 22 december 1874, Stoomdrukkerij P.W. van de Weijer, Utrecht, 1874).
- 75 Stelling ix: 'De affiniteiten van Stikstof en Phosphorus, zoo men die elementen vijf-atomig aanneemt, hebben geen gelijke waarde; een feit, dat volkomen wordt opgehelderd door de uitbreiding der Structuur-formules in de ruimte.' Stelling xiv: 'De voorstelling der chemische constitutie in de ruimte is noodig voor de verklaring van verscheiden isomeriegevallen.' Stelling xv: 'Er bestaat verband tusschen het optisch actief vermogen van een molecuul en zijn "chemische constitutie".'
- 76 Stelling xxx: 'Terecht zegt Auguste Comte van de beschrijvende meetkunde: "Elle offre l'avantage d'exercer au plus haut degré et de la manière la plus sûre et la plus précise cette importante faculté de l'esprit humain, qu'on appelle l'imagination proprement dite."'
- 77 *Album Promotorum der Rijksuniversiteit Utrecht 1815-1936 en Album promotorum der Veeartsenijkundige Hoogeschool 1918-1925* (E.J. Brill, Leiden, 1963).
- 78 J.D. van der Plaats, J.H. van 't Hoff 30 augustus 1852-1 maart 1911, *Veterinair Studenten Maandblad* (Utrecht, April 1911) p. 1-13. 'Eene onbeduidende dissertatie.' H.A.M. Snel-ders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1993) p. 115. 'Een onbelangrijke dissertatie.' Klaas van Berkel, Jacobus Henricus van 't Hoff, 1852-1911, in: *History of Science in The Netherlands: Survey, Themes, and References* (Klaas van Berkel, Albert van Helden & Lodewijk Palm (eds.), Leiden, 1999) p. 467-470, p. 467. 'In itself undistinguished.'
- 79 H.S. van Klooster, Van 't Hoff (1852-1911) in retrospect, *Journal of Chemical Education*, 29 (1952) p. 376-379.
- 80 Benjamin Harrow, *Eminent chemists of our time* (Van Nostrand Co., New York, 1927) p. 85
- 81 Remieg Aerts, *Thorbecke wil het. Biografie van een staatsman* (Prometheus, Amsterdam, 2018) p. 221.

Ook in de faculteit wiskunde en natuurwetenschappen in Leiden promoveerde vóór

- 1875 ongeveer driekwart van de kandidaten (magna) cum laude. Zie: Frits Berends en Dirk van Delft, *Lorentz. Gevierd fysicus, geboren verzoener* (Prometheus, Amsterdam, 2019) p. 101.
- 82 *Album Promotorum der Rijksuniversiteit Utrecht 1815-1936 en Album promotorum der Veeartsenijkundige Hoogeschool 1918-1925* (E.J. Brill, Leiden, 1963).
 - 83 A.F. Holleman, Herinneringen aan Van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 638-640, p. 638.
 - 84 Doctoraal J.H. van 't Hoff, Register van opgaven en overige bijzonderheden van de doctoraal examens 1871-1889, Het Utrechts Archief, Archief van de faculteiten der Rijksuniversiteit Utrecht (292-2_#479).
 - 85 Ernst Cohen, Vijftig jaren uit de geschiedenis eener theorie (1874-1924). Hare grondleggers, *Chemisch Weekblad*, 21 (1924) p. 482-490.
 - 86 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 1 september 1902, RMBA (a97).
 - 87 Dit bracht Roorda Smit er later toe in een brief aan Van 't Hoff voor te stellen de naam van de club te veranderen in B.A.C., dat staat voor de steden waar de drie leden op dat moment woonden: Berlijn, Amsterdam en Cordoba. Zie: brief van Roorda Smit aan Van 't Hoff, 24 april 1905, RMBA-VTH (No. 32).
 - 88 Brief van Van der Plaats aan Cohen, 31 december 1899, RMBA (a40).
 - 89 Prent gemaakt door vrienden ter ere van Van 't Hoff's promotie op 22 december 1874, RMBA-VTH (No. 54).

4 Triomferen op pegasus

- 1 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 27 juni 1877, VTH-HA.
- 2 J.A. Le Bel, Sur les relations qui existent entre les formules atomiques des corps organiques et le pouvoir rotatoire de leurs dissolutions, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 22 (1874) p. 337-347. 'Over de relaties die bestaan tussen atoomformules van organische lichamen en het rotatievermogen van oplossingen ervan.'
- 3 J.H. van 't Hoff, *Die Lagerung der Atome im Raume, Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1894) p. 1. 'Wir haben dort nie ein Wort über das Tetraeder gewechselt, wiewohl wir vielleicht schon beide in Geheimen mit diesem Gedanken umgingen.'
- 4 J.H. van 't Hoff, Sur les formules de structure dans l'espace, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 23 (1875) p. 295-301.
- 5 J.H. van 't Hoff, *Dix années dans l'histoire d'une théorie* (P.M. Bazendijk, Rotterdam, 1887). 'En témoignage de ma respectueuse affection.'
- 6 H.A.M. Snelders, The birth of stereochemistry. An analysis of the 1874-papers of Van 't Hoff and Le Bel, *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 60 (1973) p. 261-278. H.A.M. Snelders, J.A. Le Bel's stereochemical ideas compared with those of J.H. van 't Hoff (1874), in: *Van 't Hoff-Le Bel Centennial* (O. Bertrand Ramsay, Washington DC, 1975) p. 66-73. Peter J. Ramberg, *Chemical Structure, Spatial Arrangement. The Early History of Stereochemistry 1874-1914* (Ashgate Publishing Company, 2003).
- 7 L. Pasteur, Recherches sur la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels, in: *Cœuvres de Pasteur, réunies par Pasteur Vallery-Radot, Tome premier: Dissymétrie moléculaire* (Masson et Cie., Paris, 1885) p. 314-344, p. 327. 'Les atomes de l'acide droit sont-ils groupés suivant les spires d'une hélice dextrorsum, ou placés aux sommets d'un tétraèdre irrégulier, ou disposés suivant tel ou tel assemblage dissymétrique déterminé? Nous ne saurions répondre à ces questions. Mais ce qui ne peut être l'objet d'un doute, c'est qu'il y a groupement des atomes suivant un ordre dissymétrique à

image non superposable. Ce qui n'est pas moins certain, c'est que les atomes de l'acide gauche réalisent précisément le groupement dissymétrique inverse de celui-ci.'

- 8 Hannah Gay, The asymmetric carbon atom: (a) a case study of independent discovery; (b) an inductivist model for scientific method, *Studies in History and Philosophy of Science*, 9 (1978) p. 207-238.
- 9 Jost Weyer, A hundred years of stereochemistry – The principal development phases in retrospect, *Angewandte Chemie International Edition*, 13 (1974) p. 591-598.
- 10 Verschillende edities van de Duitse vertaling verschijnen in 1892, 1894 en 1908, van de Franse in 1887 en 1892, de Engelse in 1891 en 1898, en de Russische in 1911.
- 11 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 29 september 1874, VTH-HA. Het gaat hier om Frans Rienderhoff (1823-1879), vanaf 1865 geneesheer-directeur van het ziekenhuis aan de Coolsingel in Rotterdam, en Bartholomeus Eickma (1812-1885), Pieter Jacob Haaxman (1810-1888) en Adriaan Robertson (1805-1875), allen apotheker te Rotterdam.
- 12 M.J. van Lieburg, *Al doende leert men. De Rotterdamse jaren van Gerrit Jan Mulder (1802-1840)* (Erasmus Publishing, Rotterdam, 2006).
- 13 P.J. van Kerckhoff was hoogleraar in Groningen en werd Mulders opvolger in Utrecht, E.H. von Baumhauer was hoogleraar aan het Athenaeum Illustre, waar hij werd opgevolgd door Jan-Willem Gunning, A.C. Oudemans jr. was hoogleraar aan de Polytechnische School in Delft en H.C. Dibbits zou op zijn beurt Van Kerckhoff opvolgen.
- 14 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 29 september 1874, VTH-HA.
- 15 Ibidem.
- 16 Ernst Cohen, De chemie in Utrecht in den loop der eeuwen III, *Chemisch Weekblad*, 38 (1941) p. 570-574.
- 17 J.H. van 't Hoff, Sur les formules de structure dans l'espace, *Archives Néerlandaises*, 9 (1874) p. 445-454.
- 18 Brief van Tjaden Modderman aan onbekende, 17 oktober 1874, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 19 Ibidem.
- 20 J.H. van 't Hoff, Sur les formules de structure dans l'espace, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 23 (1875) p. 295-301. Brief van Henninger aan Van 't Hoff, 25 maart 1875, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 21 A. Henninger, Aus Paris, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 8 (1875) p. 439.
- 22 J.H. van 't Hoff, Ueber den Zusammenhang zwischen optischer Aktivität und Constitution, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 10 (1877) p. 1620-1623.
- 23 Gerald L. Geison, *The private science of Louis Pasteur* (Princeton University Press, Princeton, 1995) p. 101-102.
- 24 L. Pasteur, Mémoire sur les acides aspartique et malique, *Annales de Chimie et de Physique*, III 34 (1852) p. 30-64. L. Pasteur, Untersuchungen über Asparaginsäure und Aepfelsäure, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 82 (1852) p. 324-335.
- 25 Correspondentie Van 't Hoff-Bremer, RMBA-VTH (No. 60). Een transcriptie van de brieven is te vinden in: W.P. Jorissen, Eenige brieven van Van 't Hoff 1874-1875, *Chemisch Weekblad*, 21 (1924) p. 495-501. Een diepgaande analyse van de correspondentie en de onderzoeken van Bremer is te vinden in: E. Fischmann, A reconstruction of the first experiments in stereochemistry, *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 72 (1985) p. 131-156.
- 26 G.J.W. Bremer, Vorläufige Mittheilung über eine neue Aepfelsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 8 (1875) p. 861-863.
- 27 Brief van Van 't Hoff aan Bremer, augustus 1875, RMBA-VTH (No. 60).

- 28 Brief van Van 't Hoff aan Bremer, 10 november 1875, RMBA-VTH (No. 60).
- 29 G.J.W. Bremer, *Een rechtsdraaiend appelzuur* (Proefschrift, Universiteit van Utrecht, 15 oktober 1875).
- 30 L. Pasteur, Untersuchungen über Asparaginsäure und Aepfelsäure, p. 324-335. L. Pasteur, Mémoire sur les acides aspartique et malique, p. 30-64. Aug. Kekulé, Ueber die Bromsubstitutionsproducte der Bernsteinsäure und ihre Umwandlung in Weinsäure und Aepfelsäure, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 117 (1861) p. 120-129. M. Jungfleisch, Sur la préparation de l'acide malique inactif, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 30 (1878) p. 147. F. Loydl, Ueber die künstliche Aepfelsäure aus Fumarsäure, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 192 (1878) p. 80-89.
- 31 H.J. van 't Hoff, *Bijdrage tot de kennis van inactieve appelzuren van verschillende afkomst* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 17 december 1885).
- 32 J.H. van 't Hoff, *La chimie dans l'espace* (P.M. Bazendijk, Rotterdam 1875). Opvallend is dat opnieuw de letters M.A.C. achter de naam van de auteur zijn geplaatst.
- 33 Afrekening van P.M. Bazendijk, boekhandelaar en drukker in Rotterdam aan J.H. van 't Hoff, januari 1876 en juni 1877, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). In 1876 werden nog eens 26 exemplaren verkocht, in totaal dus 88 exemplaren. Dat leverde Van 't Hoff voor elk verkocht exemplaar 80 cent op, maar na aftrek van de drukkosten, portokosten en advertentiekosten bleef er zo'n 30 gulden voor hem over.
- 34 Emil Fischer, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1911) p. 1-16. 'Da ist wirklich mal wieder ein neuer guter Gedanke in unsere Wissenschaft gekommen, der reiche Früchte tragen wird.' 'Auch wir Jüngeren waren sofort in der Lage, uns von der Brauchbarkeit der neuen Theorie zu überzeugen.'
- 35 Brief van Von Baeyer aan Victor Meyer, 27 september 1875, Deutsches Museum Archiv (HS7027). 'Von Van 't Hoffs Arbeit bin ich entzückt, ob es wahr ist, wer weiss es? Ich finde die Idee aber sehr schön.'
- 36 Brief van Victor Meyer aan Von Baeyer, 11 mei 1876, Deutsches Museum Archiv (HS7092). Victor Meyer, Vorstellungen über die räumliche Lagerung der Atome, *Der Naturforscher. Wochenblatt zur Verbreitung der Fortschritte in den Naturwissenschaften*, IX (9 mei 1876) p. 177-178.
- 37 Brief van Louis Henry aan Van 't Hoff, 16 juni 1875, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 38 J.H. van 't Hoff, *La chimie dans l'espace*, p. 4.
- 39 A. de la Rive, Recherches sur la polarisation rotatoire et l'état moléculaire, *Annales de Chimie et de Physique*, IV 15 (1868) p. 57-70 en IV 22 (1871) p. 5-48.
- 40 Robert B. Grossman, Van 't Hoff, Le Bel, and the development of stereochemistry – A reassessment, *Journal of Chemical Education*, 66 (1989) p. 30-33. Leonello Paolini, The influence of Le Bel's theory in the 1875 development of the van 't Hoff theory, *Journal of Chemical Education*, 68 (1991) p. 797-798.
- 41 J.H. van 't Hoff, Die Ladenburg'sche Benzolformel, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 9 (1876) p. 1881-1883.
- 42 G.J.W. Bremer en J.H. van 't Hoff, Over de verhouding van barnsteen zuur tot gepolariseerd licht, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 75-76. G.J.W. Bremer en J.H. van 't Hoff, Ueber die aus activer Weinsäure erhaltene Bernsteinsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 9 (1876) p. 215-216. G.J.W. Bremer en J.H. van 't Hoff, Sur l'acide succinique dérivé de l'acide tartrique actif, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 26 (1876) p. 362.
- 43 L. Pasteur, Lettre adressée aux rédacteurs, *Annales de Chimie et de Physique*, III 61 (1861) p. 484-488.

- 44 August Kekulé, Untersuchungen über organische Säuren. Einwirkung von Bromwasserstoff auf mehratomige Säuren, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 130 (1864) p. 11-31, p. 25.
- 45 M. Berthelot, Sur les états isomériques de styrolène, *Annales de Chimie et de Physique*, IV 12 (1867) p. 159-173.
- 46 H.A.M. Snelders, The reception of Van 't Hoff's theory of the asymmetric carbon atom, *Journal of Chemical Education*, 51 (1974) p. 2-7.
- 47 Dit *metastyrol* (met de moderne naam: *polystyreen*) is het resultaat van styreen-moleculen die met elkaar reageren en lange ketens vormen.
- 48 J.H. van 't Hoff, Styrokamfer een nieuw lichaam uit styrax, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 71-75. J.H. van 't Hoff, Die Identität von Styrol und Cinnamol, ein neuer Körper aus Styrax, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 9 (1876) p. 5-6. J.H. van 't Hoff, Sur l'huile volatile du styrax, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 25 (1876) p. 175-177.
- 49 Brief van Le Bel aan Van 't Hoff, 17 december 1875, RMBA-VTH (No. 3). 'Je vous félicite de vos résultats sur le styrolène; cela m'amuse d'autant plus que vous punissez très bien M.B. de s'être mêlé de nos affaires.'
- 50 M. Berthelot, Sur le pouvoir rotatoire du styrolène, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 24 (1876) p. 441-442. 'Le pouvoir rotatoire du styrolène est certain, et toute théorie incompatible avec cette propriété est par là même convaincue d'inexactitude.'
- 51 J.H. van 't Hoff, Beiträge zur Kenntniss des Styrax, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 9 (1876) p. 1339-1341. Het jaar erna zou ook Wurtz hem schrijven dat hij van mening was dat Van 't Hoff's experimenten een einde hadden gemaakt aan de discussie. Zie: Brief van Wurtz aan Van 't Hoff, 26 juni 1877, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 52 H.A.M. Snelders, De reactie van Buys Ballot op Van 't Hoff's 'Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuur-formules in de ruimte', *Scientiarum Historia*, 15 (1973) p. 27-37.
- 53 C.H.D. Buys Ballot, *Schets eener physiologie van het onbewerkte rijk der natuur* (Kemink en Zoon, Utrecht, 1849).
- 54 Een jonge en ambitieuze Buys Ballot had in 1843 aanvankelijk het advies van zijn leermeester (en latere collega) Gerrit Jan Mulder opgevolgd deze speculatieve denkbeelden niet te publiceren, maar deed dat zes jaar later toch.
- 55 C.H.D. Buys Ballot, *Schets eener physiologie van het onbewerkte rijk der natuur*, p. XVI.
- 56 C.H.D. Buys Ballot, Openbare brief aan Dr. J.H. van 't Hoff, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1875) p. 21-28.
- 57 J.H. van 't Hoff, Isomerie en atoomligging. Antwoord op den openbaren brief van Buys Ballot, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1875) p. 37-45.
- 58 Brief van Wislicenus aan Van 't Hoff, 10 november 1875, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). 'Für unsere Wissenschaft ganz neue Anregungen in großer Fülle geben und deshalb von Epochemachender Bedeutung werden wird.'
- 59 Het voorwoord van Wislicenus dateert van oktober 1876.
- 60 Brief van Vieweg aan Van 't Hoff, 14 mei 1877, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 61 Waarbij maleïnezuuranhydride wordt gevormd.
- 62 Trienke van der Spek, Selling a theory: The role of molecular models in Van 't Hoff's stereochemistry theory, *Annals of Science*, 63 (2006) p. 157-177.
- 63 J.H. van 't Hoff, *The Arrangement of Atoms in Space* (Longmans, London, 1898) p. 8.
- 64 J.H. van 't Hoff, August Kekulé (1829-1896), *Die Nation, Wochenschrift für Politik*,

- Volkswirtschaft und Litteratur*, xii Jahrgang (1895/1896) p. 646-647. 'Ein Großmeister der bildlichen Darstellung.'
- 65 Peter J. Ramberg, *Chemical Structure, Spatial Arrangement*, p. 50-52.
 - 66 C. Meinel, Molecules and Croquet Balls, in: *Displaying the Third Dimension: Models in Science, Technology, and Medicine* (Eds. S.H. de Chadarevian and N. Hopwood, Stanford, California, 2004) p. 242-275.
 - 67 Adam Toon, Playing with molecules, *Studies in History and Philosophy of Science*, 42 (2011) p. 580-589, p. 580. 'Models function as "props" in games of make-believe.' Adam Toon, *Models as Make-Believe: Imagination, Fiction and Scientific Representation* (Palgrave Macmillan UK, 2012) p. 84-143.
 - 68 Ernst Cohen, *Mannen en vrouwen van betekenis in onze dagen. Jacobus Henricus van 't Hoff* (Redactie Mr. J. Kalf jr., Tjeenk Willink & Zoon, Haarlem, 1900) p. 1-48, p. 18.
 - 69 Brieven van Van 't Hoff aan Louis Henry, 4 juli en 8 juli 1875, in: Ernst Cohen, J.H. van 't Hoff, *Das Buch der grossen Chemiker, Band II Von Liebig bis Arrhenius* (Ed. Günther Bugge, Verlag Chemie GmbH, Berlin, 1929) p. 391-407, p. 391.
 - 70 Advertentie (1875), RMBA-VTH (No. 3).
 - 71 Van 't Hoff had daar de latere hoogleraar scheikunde aan de Polytechnische School in Delft, Louis Aronstein, moeten opvolgen.
 - 72 Brief van C. van Eyck aan E.J. Cohen, 20 januari 1902, RMBA.
De heer W. Hedick was in de zomer van 1873 benoemd tot directeur van de hbs in Breda; de inspecteur van het middelbaar onderwijs aan wie hij zijn oordeel over Van 't Hoff kenbaar maakte was dr. M. Salverda, die op 1 februari 1873 was benoemd.
 - 73 Brief van E. Mulder aan Curatoren, 21 februari 1876, Het Utrechts Archief, Archief College van Curatoren (59-115).
 - 74 Brief van Curatoren aan Minister van Binnenlandsche Zaken, 10 maart 1876, Het Utrechts Archief, Archief College van Curatoren (59-115).
 - 75 Ernst Cohen, De chemie te Utrecht in den loop der eeuwen II, *Chemisch Weekblad*, 38 (1941) p. 314-320, p. 315.
 - 76 Dat weerhield de curatoren er niet van hem een jaar later tot hoogleraar in de farmacie te benoemen.
 - 77 Nota van Baert over vervulling hoogleraarsplaats scheikunde, 4 februari 1876, Het Utrechts Archief, Archief College van Curatoren (59-641).
 - 78 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 26 maart 1903, RMBA (a97).
 - 79 Nota van Baert over vervulling hoogleraarsplaats scheikunde, 4 februari 1876, Het Utrechts Archief, Archief College van Curatoren (59-641).
 - 80 Notulen van de vergadering van het College van Curatoren van 4 maart 1876, Het Utrechts Archief, Archief College van Curatoren (59-11).
 - 81 Brief van Van der Plaats aan Cohen, 31 december 1899, RMBA (a40).
 - 82 C. Offringa, *Van Gildestein naar Uithof. 150 jaar diergeneeskunde in Utrecht. Deel 1. 's Rijksveeartsenijschool (1821-1918), Veeartsenijkundige Hoogeschool (1918-1925)* (Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht, 1971) p. 146.
 - 83 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 121.
 - 84 G. van Iterson, L.E. den Dooren de Jong en A.J. Kluyver, Martinus Willem Beijerinck. His life and his work, in: *Beijerinck and the Delft School of Microbiology* (Eds. Pieter Bos and Bert Theunissen, Delft University Press, 1995) p. 13-14. Beijerinck promoveerde op 14 juni 1877 in Leiden op een proefschrift getiteld *Bijdrage tot de morphologie der plantegallen*. Een van zijn stellingen betrof het werk van zijn goede vriend: 'Ten onrechte beweert Fittig dat de isomerie van fumar- en maleïnezuur beter verklaard kan

worden door het aannemen van twee vrije affiniteiten van de koolstof dan door Van 't Hoff's hypothese.' Hoewel Van 't Hoff op dat moment formeel nog niet benoemd was in Amsterdam, zou hij bij de verdediging hebben geopponeerd.

- 85 Notulen, 1876-1886; kasboek, 1877-1886. Met ledenlijst, z.j., Het Utrechts Archief, Archief van het Maandagavondgezelschap te Utrecht 1876-1967 (730-1 #1).
- 86 J.H. van 't Hoff, Een gewijzigd toestel voor het opvangen van stikstof bij analyses volgens Dumas, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 59-60.
- 87 De laatste vergadering die Van 't Hoff en MacGillavry bijwoonden was die van 8 oktober 1877, beiden waren toen op de kop af een jaar lid, maar Van 't Hoff was inmiddels benoemd tot lector in Amsterdam en MacGillavry tot hoogleraar Algemeene Ziektekunde in Leiden. Zie: N.Ph. Tendeloo, In Memoriam Theodorus Hendrik MacGillavry, *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 65 (1921) p. 2776-2778.
- 88 J.D. van der Plaats, J.H. van 't Hoff 30 augustus 1852-1 maart 1911, *Veterinair Studenten Maandblad* (Utrecht, April 1911) p. 1-13.
- 89 J.H. van 't Hoff, De spanningstoestand in gehard glas, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 145-148. J.H. van 't Hoff, Over het mekoniumzuur, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 148-149. J.H. van 't Hoff, Over ringvormige koolstof-binding, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 150-152. J.H. van 't Hoff, Een rechtsdraaiend lichaam in styrax. Antwoord aan Berthelot, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 4-7. J.H. van 't Hoff, Inwerking van halogenen op organische zouten, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 7-12. J.H. van 't Hoff, Iets over de benzoïneerks, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 44-45. J.H. van 't Hoff, Een gewijzigd toestel voor het opvangen van stikstof bij analyses volgens Dumas, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 59-60. J.H. van 't Hoff, Over de bindingsrichtingen van het stikstofatoom, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1877) p. 109-110. J.H. van 't Hoff, Over de inwerking van zink op een mengsel van jood- of chloorazijnzuren en oxaalzuren ether, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1877) p. 111-114. J.H. van 't Hoff, Chlorbromkohlenstoff aus Trichloressigsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 10 (1877) p. 678-679.
- 90 A.J. Rocke, Kolbe versus the Transcendental Chemists: The Emergence of Classical Organic Chemistry, *Ambix*, 34 (1987) p. 156-168.
- 91 Brief van Kolbe aan Frankland, 23 juli 1866, Frankland Archive 01.02.1505. 'Ich halte alle diese graphischen Darstellungen für nicht zeitgemäß und auch für gefährlich; gefährlich deshalb, weil damit die Phantasie zu freien Spielraum gewinnt, wie denn schon z.B. bei Kekulé seine Phantasie mit dem Verstande längst durchgegangen ist. Es ist unmöglich, und wir werden wohl auch nie dahin gelangen, über die räumliche Lagerung der Atome eine Anschauung zu gewinnen. Hüten wir uns deshalb auch, uns davon ein Bild zu entwerfen, wie die Bibel uns warnt, uns von der Gottheit eine sinnliche Vorstellung zu machen.'
- 92 H. Kolbe, Zeichen der Zeit I, *Journal für Praktische Chemie*, 14 (1876) p. 268-278.
- 93 A. Michaelis, Ueber die Verbindungen der Elemente der Stickstoffgruppe mit den Radicalen der aromatischen Reihe. Erste Abhandlung, *Liebig's Annalen der Chemie*, 181 (1876) p. 265-363.
- 94 H. Kolbe, Zeichen der Zeit II, *Journal für Praktische Chemie*, 15 (1877) p. 473-477. 'Eine von Phantasie-Spielereien strotzende Schrift.' 'Ein Dr. J.H. van 't Hoff, an der Thierarzneischule zu Utrecht angestellt, findet, wie es scheint, an exakter chemischer Forschung keinen Geschmack. Er hat es bequemer erachtet, den Pegasus zu besteigen (offenbar der Thierarzneischule entlehnt) und in seiner "la chimie dans l'espace" zu

- verkünden, wie ihm auf dem durch kühnen Flug erklommenen chemischen Parnass die Atome im Weltenraume gelagert erschienen sind.’
- 95 H. Kolbe, *Zeichen der Zeit* II, p. 473-477, p. 477. ‘Wislicenus erklärt hiermit, dass er aus der Reihe der exakten Naturforscher ausgeschieden und in das Lager der Naturphilosophen ominösen Andenkens übergetreten ist, welche ein nur dünnes “Medium” noch von den Spiritisten trennt.’ De Duitse *Romantische Naturphilosophie*, die voortkomt uit het werk van Hegel, Fichte en Schelling, probeerde de natuur in zijn totaliteit te begrijpen, maar werd al snel uiterst controversieel omdat ze als te speculatief en metafysisch werd beschouwd.
 - 96 Peter J. Ramberg, *Chemical Structure, Spatial Arrangement*, p. 95-96.
 - 97 H.A.M. Snelders, Practical and theoretical objections to J.H. van ’t Hoff’s stereochemical ideas, in: *Van ’t Hoff-Le Bel Centennial* (O. Bertrand Ramsay, Washington DC, 1975) p. 55-65.
 - 98 Briefkaart van Van der Plaats aan Van ’t Hoff, 27 juni 1877, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
 - 99 Brief van Wurtz aan Van ’t Hoff, 26 juni 1877, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). ‘J’ai lu avec attention et intérêt votre “Chimie dans l’espace” et quoi qu’en dise Monsieur Berthelot et aussi monsieur Kolbe qui vous a pris à partie, je vois qu’il y a là une voie nouvelle et dans laquelle il est bon de s’engager avec prudence sans doute mais avec une persévérance que les résultats déjà entrevus paraissent justifier.’
 - 100 Brief van Wislicenus aan Kolbe, 24 november 1877, Deutsches Museum Archiv (HS3550). ‘Und nicht mit dem Anathem der Gedankenlosigkeit wohlherwogen aus ihm selbst nicht geläufige Anschauungen der Anderen zu brandmarken. Ich bedaure, dass die wenn auch nicht gewollte doch faktisch-persönliche Schroffheit Ihrer Angriffe den sittlichen Inhalt Ihrer Erwähnungen meist wirkungslos gemacht hat.’
 - 101 Brief van vader Van ’t Hoff aan Van ’t Hoff, mei-juni 1877, VTH-HA.
 - 102 Brief van vader Van ’t Hoff aan Van ’t Hoff, 27 juni 1877, VTH-HA.
 - 103 J.H. van ’t Hoff, Ueber den Zusammenhang zwischen optischer Aktivität und Constitution, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 10 (1877) p. 1620-1623. ‘Eine Theorie, der bis jetzt keine Thatsache entgegensteht, lässt sich zur weiteren Beurtheilung nur experimentell prüfen. Wenn nun jemand, sei er auch ein um die Chemie verdienter Mann wie Kolbe, meint, dass ein Chemiker sich mit Theorien nicht plagen soll, weil er noch unbekannt und an einer Thierarztneischule angestellt ist; [...] so behaupte ich, dass ein derartiges Benehmen glücklicherweise nicht als Zeichen der Zeit, sondern als Beitrag zur Erkenntniss eines Einzelnen gedeutet werden soll.’
 - 104 August Kekulé, *Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie. Rede, gehalten beim Antritt des Rectorats der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität am 18. Oktober 1877* (Verlag von Max Cohen & Sohn (Fr. Cohen), Bonn, 1878).
 - 105 Anoniem, Vertrauliches Schreiben an Professor Kolbe, *Journal für praktische Chemie*, 16 (1877) p. 467-472.
 - 106 Anoniem, Vertrauliches Schreiben, p. 467. ‘Dass sein Stern durch die am chemischen Horizonte aufgehende van ’t Hoff’sche Sonne verdunkelt werden wird.’
 - 107 A. Kekulé, Nachtrag zu dem vertraulichen Schreiben des Dr. R., *Journal für praktische Chemie*, 17 (1878) p. 157-163. ‘Jeder, der sich selbst achtet, auch den Muth haben muß, die Verantwortung seiner Taten und Worte zu übernehmen.’
 - 108 Ibidem, p. 162. ‘Sollten Sie aber auch jetzt noch “beichten”, daß Sie mit dem eben entwickelten Grundgedanken der Le Bel-van ’t Hoff’schen Hypothese keinen rechten Begriff zu verbinden wissen, so würde [...] kaum etwas Anderes übrig bleiben als Ihr Begriffsvermögen zu bedauern.’
 - 109 H. Kolbe, Kritik der Rectoratsrede von Aug. Kekulé, *Journal für praktische Chemie*, 17

- (1878) p. 139-156. 'Was Kekulé als wissenschaftliche Ziele der Chemie ausgiebt, sind wilde Phantasien ohne reelle Basis.' 'Eine Collection grober Styl- und Gedankenfehler.' 'Ich habe mich daher wiederholt gefragt, ob Kekulé wohl im Besitz der allgemeinen Bildung und der Schulung des Geistes sei, welche die Gymnasien gewähren.'
- 110 Alan J. Rocke, *The Quiet Revolution. Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry* (University of California press, Berkeley, 1993) p. 331-333.
- 111 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 27 maart 1891, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Mit der Stereochemie habe ich anfangs diskutiert, mit Kolbe und mit Berthelot und da ging es nicht; dann habe ich anderweitiges gemacht und über das Tetraeder mein Maul gehalten, und jetzt gehen die meisten weiter als ich.'
- 112 Jost Weyer, Die Aufnahme der Van 't Hoff'schen Hypothese vom asymmetrischen Kohlenstoffatom (1874) in Deutschland, in: *Medizin, Naturwissenschaft, Technik und das Zweite Kaiserreich. Vorträge eines Kongresses vom 6. bis 11. Sept. 1974 in Bad Nauheim* (G. Mann und R. Winau, Göttingen 1977) p. 311-320. Jost Weyer, A hundred years of stereochemistry, p. 591-598.
- 113 Max Planck, *Vorträge Reden Erinnerungen. Wissenschaftliche Selbstbiographie* (Herausgegeben von Hans Roos und Armin Hermann, Springer Verlag, Berlin, 2001) p. 64. 'Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, dass ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, dass die Gegner allmählich aussterben und dass die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist.'
- 114 J.H. van 't Hoff, *Die Lagerung der Atome im Raume, Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1894) p. VII.
- 115 August Wilhelm von Hofmann, Wahlvorschlag für Hermann Kolbe (1818-1884) zum K[orrespondierendes] M[itglied], in: *Chemiker über Chemiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822-1925, von Eilhard Mitscherlich bis Max Bodenstein* (Eds. Anneliese Greiner, Fritz Welsh, Wolfgang Girnus, Akademie-Verlag, Berlin, 1986) p. 118-119. Kolbe zou uiteindelijk zelf het lidmaatschap afwijzen en de lidmaatschapsoorkonde terugsturen, omdat hij in de voordracht abusievelijk met de verkeerde voornaam (Heinrich in plaats van Hermann) was aangeduid.
- 116 Alan J. Rocke, *Chemical Atomism in the Nineteenth Century: From Dalton to Cannizzaro* (Ohio State University Press, Columbus, 1984) p. 181-82.
- 117 A.J. Rocke, Kolbe versus the Transcendental Chemists, p. 159.
- 118 H. Kolbe, Meine Betheiligung an der Entwicklung der theoretischen Chemie, *Journal für praktische Chemie*, 23 (1881) p. 305-323, p. 309. 'Dieser Brief ist mir [...] immer ein Talisman gewesen gegen jede Versuchung, schwindelhaften Hypothesen, wie die von der eingebildeten Erkenntnis der räumlichen Lagerung der Atome im Molekül, [...] mein Ohr zu leihen.'
- 119 Aug. Kekulé, On some points of chemical philosophy, *The Laboratory*, 1 (1867) p. 303. 'The question whether atoms exist or not has but little significance in a chemical point of view: its discussion belongs rather to metaphysics. In chemistry we have only to decide whether the assumption of atoms is an hypothesis adapted to the explanation of chemical phenomena.'
- 120 J.D. van der Waals, Nobel-Vortrag (1910) in: *Les Prix Nobel* (P.A. Norstedt & Soner, Stockholm, 1911) p. 1-14, p. 13. 'Es wird wohl deutlich sein, dass ich bei allen meinen Untersuchungen von der Realität des Bestehens der Moleküle vollkommen überzeugt war, dass ich sie nie als blosse Hirngespinnste [...] betrachtet habe. Ich habe sie betrachtet als die eigentlichen Körper.'

- 121 P.J. van Kerckhoff, *Een blik op den tegenwoordigen toestand der scheikunde* (J.B. Wolters, Groningen, 1858).
- 122 P.J. van Kerckhoff, *Over chemische verbinding* (Inwijdingsrede 3 december 1868, Universiteit van Utrecht) p. 25.
- 123 A.P.N. Franchimont, *De verschillende richtingen der chemie. Blikken in het verleden, het heden en de toekomst dier wetenschap* (Oratie 2 mei 1874, Universiteit van Leiden) p. 19.
- 124 J.W. Gunning, *De Beginselen der Algemeene Scheikunde, Eerste deel* (S.E. van Nooten, Schoonhoven, 1873) p. 100.

Amsterdam 1877-1895

5 Verbeeldingskracht in Amsterdam

- 1 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, begin februari 1873, in: *Brievenchriftje* in bezit van het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht, p. 62-65.
- 2 Peter Jan Knegtmans, *Professoren van de stad. Het Athenaeum Illustre en de Universiteit van Amsterdam, 1632-1960* (Amsterdam University Press, Amsterdam, 2007) p. 250-257.
- 3 Ibidem, p. 250.
- 4 Peter Jan Knegtmans, Het elan van een hoofdstedelijke universiteit, *Gewina*, 24 (2001) p. 85-96, p. 86.
- 5 Peter Jan Knegtmans, *Professoren van de stad*, p. 253.
- 6 Ibidem, p. 256.
- 7 G. Jensma en H. de Vries, *Veranderingen in het hoger onderwijs in Nederland tussen 1815 en 1940* (Verloren, Hilversum, 1997) p. 269-270.
- 8 *Algemeen Handelsblad*, 26 maart 1877.
- 9 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 18 maart 1877, VTH-HA.
- 10 Ibidem.
- 11 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 29 maart 1877, VTH-HA.
- 12 Brief van Van 't Hoff aan August Kekulé, 13 juni 1877, Sammlung der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 13 Tonco Modderman (1818-1879), was van 1850 tot 1858 predikant geweest van de Rotterdamse Hervormde Gemeente, waarna hij naar Amsterdam beroepen werd.
- 14 Brief van Adolphe Wurtz aan Van 't Hoff, 26 juni 1877, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). 'Aussi probante que possible.'
- 15 W. van Itallie-van Embden, Prof. Dr. H. de Vries, in: W. van Itallie-van Embden, *Sprekende portretten. Esther de Boer-van Rijk, Emile Coué, Herman Heijermans, Jan Toorop, P.J. Troelstra, Hugo de Vries* (Nijgh & Van Ditmar, Rotterdam, 1928) p. 69-80.
- 16 Brief van Gunning aan Van 't Hoff, 21 juli 1877, RMBA-VTH (No. 32).
- 17 G. van Iterson, L.E. den Dooren de Jong en A.J. Kluyver, Martinus Willem Beijerinck. His life and his work, in: *Beijerinck and the Delft School of Microbiology* (Eds. Pieter Bos and Bert Theunissen, Delft University Press, 1995), noot op p. 14.
- 18 Krantenbericht, ongedateerd, RMBA-VTH (No. 3).
- 19 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 125.
- 20 Voorstel Gunning aan College van Curatoren, 15 januari 1896, Archief Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen Universiteit van Amsterdam (1020_57).
- 21 Mary Jo Nye, *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry: Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines 1800-1950* (University of California Press, Berkeley, 1994), Chapter 5. Mary Jo Nye, Physics and chemistry; commensurate or incommensurate

- sciences?, in: *The Invention of Physical Science* (M. J. Nye et al. (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1992) p. 205-224. Erwin N. Hiebert, Discipline identification in chemistry and physics, *Science in context*, 9 (1996) p. 93-119, met name p. 110 e.v.
- 22 Er werd een blanco stembriefje in de stembus aangetroffen.
- 23 Ongedateerd brieffragment, VTH-HA.
- 24 Notulen Senaatsvergadering, Stadsarchief Amsterdam, Archief Rector en Assessoren (281_1).
- 25 Peter Jan Knegtmans, *Professoren van de stad*, p. 256-257.
- 26 De leerstoel scheikunde zou nog tot het begin van de negentiende eeuw onderdeel zijn van de medische faculteit.
- 27 H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1993) p. 60.
- 28 W.P. Jorissen, Iets over het onderwijs in de chemie aan het Athenaeum Illustre te Amsterdam voor de komst van J.W. Gunning I, *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 501-514.
- 29 A. Vrolik, Levensbericht A.H. van der Boon Mesch, *Jaarboek van de Maatschappij der Nederlandsche Letterkunde* (1876) p. 3-34 (een levensbericht van Anthony Hendrik van der Boon Mesch, de broer van de hoogleraar scheikunde in Amsterdam Hendrik Carel van der Boon Mesch over wiens laboratorium het in de tekst gaat).
- 30 G.J. Mulder, *Getuigenis in zake hooger onderwijs* (H.A. Kramers & Zn, Rotterdam, 1876) p. 323
- 31 Voor een goed overzicht van het ontstaan van het moderne onderzoeks- en onderwijslaboratorium, zie: Peter J.T. Morris, *The matter factory. A history of the chemistry laboratory* (Reaktion Books, London, 2015).
- 32 Bernard Jaffe, *Crucibles: The story of chemistry. From ancient alchemy to nuclear fission* (Premier Books, Greenwich Connecticut, 1960) p. 103-104.
- 33 Peter J.T. Morris, *The matter factory*, p. 39-62.
- 34 Frederic L. Holmes, The Complementarity of Teaching and Research in Liebig's Laboratory, *Osiris*, 5 (1989) p. 121-164.
- 35 H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1*, p. 98 e.v. H.A.M. Snelders, De scheikunde en natuurkunde aan de Utrechtse universiteit in de 19e eeuw, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 7 (1984) p. 32-48.
- 36 W.P. Jorissen, Iets over het onderwijs in de chemie aan het Athenaeum Illustre te Amsterdam voor de komst van J.W. Gunning II, *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 527-538, p. 536-537.
- 37 H.J. van der Beek, *E.H. von Baumhauer. Zijn betekenis voor de wetenschap en de Nederlandse economie* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 1963) p. 24.
- 38 Ibidem, p. 30.
- 39 W.P. Jorissen, Iets over het onderwijs in de chemie aan het Athenaeum Illustre te Amsterdam voor de komst van J.W. Gunning II, p. 527-538.
- 40 Ernst Homburg, Van volksscheikunde tot technologie: Popularisering van de chemie in de negentiende eeuw, *Gewina*, 18 (1995) p. 72-101, p. 94-98.
- 41 Ernst Cohen, Wat leeren ons de archieven omtrent G.J. Mulder, *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, afdeling Natuurkunde, eerste sectie*, XIX, 2 (Amsterdam, 1948) p. 3-73, p. 20.
- 42 Ernst Homburg, Van volksscheikunde tot technologie, p. 94-98.
- 43 Ernst Cohen, Wat leeren ons de archieven, p. 21.
- 44 Notulen van de vergadering van het College van Curatoren van het Athenaeum Illustre, 12 oktober 1864, Stadsarchief Amsterdam, Archief College van Curatoren (278_8).

- 45 Notulen van de vergadering van het College van Curatoren van het Athenaeum Illustre, 16 november 1864, Stadsarchief Amsterdam, Archief College van Curatoren (278_8).
- 46 W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *J.H. van 't Hoff's Amsterdamer Periode 1877-1895* (C. de Boer jr., Helder, 1912) p. 25.
- 47 Brief van Van 't Hoff aan B&W van Amsterdam, 22 september 1877, Stadsarchief Amsterdam, Archief Secretariaat Afdeling Onderwijs (5191_1100).
- 48 Brief van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen aan B&W van Amsterdam, 28 oktober 1877, Stadsarchief Amsterdam, Archief Secretariaat Afdeling Onderwijs (5191_1100).
- 49 Brief van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen aan B&W van Amsterdam, 7 november 1877, Stadsarchief Amsterdam, Archief Secretariaat Afdeling Onderwijs (5191_1100).
- 50 Brief van Gunning aan de wethouder van Onderwijs, 10 november 1877, Stadsarchief Amsterdam, Archief Secretariaat Afdeling Onderwijs (5191_1100).
- 51 Rob van den Berg, *Van der Waals. Krachten die de wereld bijeenhouden* (Veen, Amsterdam, 2007) p. 46-49.
- 52 Brief van de wethouder van Onderwijs aan Gunning, ongedateerd, Stadsarchief Amsterdam, Archief Secretariaat Afdeling Onderwijs (5191_1100).
- 53 Brief van Gunning aan de wethouder van Onderwijs, 31 december 1877, Stadsarchief Amsterdam, Archief Secretariaat Afdeling Onderwijs (5191_1100).
- 54 Centraal Bureau voor de Statistiek, *Statistiek van het hooger onderwijs 1930 (editie 1930-1931)*. Historisch-statistisch overzicht over honderd jaren hooger onderwijs – Staat 1. Aantal studenten per universiteit voor elk der faculteiten afzonderlijk. a. De jaren 1830-1899, p. 10-11. De faculteit Godgeleerdheid telde 22 studenten, rechtsgeleerdheid 36, Letteren en Wijsbegeerte 8 en Geneeskunde 310.
- 55 *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1879* (De Erven H. van Munster en Zoon, Amsterdam) p. CXXXI.
- 56 A.A. Bosman, Prof.Dr. J.H. van 't Hoff, *De Revue der Uitvindingen en Ontdekkingen*, 1 (1904) p. 2-10.
- 57 *Het Nieuws van den Dag*, 20 februari 1878.
- 58 *Algemeen Handelsblad*, Het gebeurde in de collegekamer van prof. Gunning, 23 februari 1878.
- 59 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 5 maart 1878, VTH-HA.
- 60 Brief van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen aan B&W van Amsterdam, 28 oktober 1877, Stadsarchief Amsterdam, Archief Secretariaat Afdeling Onderwijs (5191_1100).
- 61 Van 't Hoff zou volgens een brief van zijn vader (29 oktober 1877, VTH-HA) een verdubbeling 'van zijn remuneratie' hebben geëist.
- 62 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 23 januari 1878, VTH-HA.
- 63 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 14 september 1877, VTH-HA.
- 64 Ibidem.
- 65 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 24 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 66 Notulen van de vergadering van het College van Curatoren, 6 mei 1878, Stadsarchief Amsterdam, Archief van het College van Curatoren (279_1).
- 67 Brief van Van den Broek aan College van Curatoren, 8 mei 1878, Stadsarchief Amsterdam, Archief van het College van Curatoren (279_7 #261).
- 68 J.H. van 't Hoff, In Memoriam Jan Willem Gunning, *Amsterdamsche Studenten-almanak 1901* (J. Clausen, Amsterdam) p. 42-52, p. 46.
- 69 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 6 april 1878, VTH-HA.

- 70 Telegram van Van 't Hoff aan zijn ouders, 26 juni 1878, RMBA-VTH (No. 6).
- 71 Notulen van de vergadering van het College van Curatoren, 7 oktober 1878, Stadsarchief Amsterdam, Archief van het College van Curatoren (279_1).
- 72 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 31 januari 1878, RMBA-VTH (No. 6).
- 73 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, 1882, VTH-HA.
- 74 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, begin februari 1873, in: *Brievenchriftje*, p. 62-65.
- 75 Notulen van de vergadering van het College van Curatoren, 2 september 1878, Stadsarchief Amsterdam, Archief van het College van Curatoren (279_1).
- 76 Aankondiging oratie J.H. van 't Hoff, 11 oktober 1878, RMBA-VTH (No. 54).
- 77 J.H. van 't Hoff, *De verbeeldingskracht in de wetenschap, Redevoering uitgesproken op 11 oktober 1878 bij de aanvaarding van het hoogleeraarsambt aan de Universiteit van Amsterdam* (P.M. Bazendijk, Rotterdam, 1878) p. 5.
- 78 Ibidem, p. 12.
- 79 François Arago, *Œuvres Complètes Notices Biographiques, Tomes I, II et III* (publiées d'après son ordre sous la direction de M. J.-A. Barral, Paris, 1855).
- 80 J.H. van 't Hoff, *De verbeeldingskracht in de wetenschap*, p. 23.
- 81 Georges baron Cuvier, Éloge Historique de Louis-Nicolas Vauquelin, Lu à l'Académie des Sciences, le 26 juillet 1831, *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France. Tome XII* (l'Imprimerie de Firmin Didot Frères, Paris, 1833), p. xxxix-lvi, p. lvi. 'On ne peut pas dire que M. Vauquelin, malgré ses innombrables recherches, malgré les découvertes intéressantes et singulières dont il a enrichi les sciences, puisse être égalé à M. Davy. [...] Celui-ci a plané comme un aigle sur la vaste étendue de la physique et de la chimie; il a fait luire de haut sur l'une et l'autre un jour éclatant, leurs doctrines à sa vue ont dû se disposer dans un ordre tout nouveau. Vauquelin, plus modeste, a porté la lumière sur leurs détails les plus cachés; il l'a fait pénétrer dans leurs recoins les plus obscurs.'
- 82 Briefkaart van Van 't Hoff aan vader Van 't Hoff, 8 oktober 1878, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 83 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 14 oktober 1878, VTH-HA.
- 84 Kolbe had als eerste een manier gevonden om salicylzuur te synthetiseren.
- 85 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 25 oktober 1878, VTH-HA. Een schabelletje is een klein voetenbankje dat gebruikt werd als strafbankje om een misdadiger tentoon te stellen.
- 86 Advertentie in het *Rotterdamsch Nieuwsblad* van 15 november 1878.
- 87 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 30 oktober 1878, VTH-HA.
- 88 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, half november 1878, VTH-HA.
- 89 Brief van Bellaar Spruyt aan Van 't Hoff, 11 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 90 Klaas van Berkel, *De stem van de wetenschap. Geschiedenis van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Deel 1: 1808-1914* (Bert Bakker, Amsterdam, 2008) p. 438-441.
- 91 H. Kern, Levensbericht J.J. Hoffmann, *Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen gevestigd te Amsterdam voor 1878* (C.G. van der Post, Amsterdam, 1879) p. 1-20.
- 92 Rudy Kousbroek, De verbeeldingskracht in de wetenschap, in: *Verbeeldingskracht en wetenschap* (Elseviers Uitgeversmaatschappij, Amsterdam, 1984) p. 9-25, p. 12.
- 93 F.H. van Lunteren, Wetenschap voor het vaderland. J.D. van der Waals en de Afdeling Natuurkunde, in: *De Akademie en de Tweede Gouden Eeuw* (onder redactie van K. van Berkel, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 2004) p. 43-106.
- 94 Lorraine Daston and Peter Galison, *Objectivity* (Zone Books, New York, 2007).
- 95 Lorraine Daston, Fear and Loathing of the Imagination in Science, *Daedalus* 127 (1998) p. 73-95. 'Wild, ineffable imagination became the driving force of creativity in art – and

the bogey of objectivity in science. In their ideals, practices and personae both art and science had mutated and drifted apart.'

- 96 Lorraine Daston and Peter Galison, *Objectivity*.
- 97 B.C. Brodie, Address at the Anniversary meeting of the Royal Society, November 30, 1859, in: *The Works of Sir Benjamin Collins Brodie Vol 1* (collected and arranged by Charles Hawkins, London, 1865) p. 574-592. 'That wondrous faculty [...] properly restrained by experience and reflection, becomes the noblest attribute of man; the source of the poetic genius; the instrument of discovery in science, without the aid of which Newton would never have invented fluxions [een term uit Newtons differentiaalrekening voor wat we tegenwoordig een gradiënt noemen, RvdB], nor Davy have decomposed the earths and alkalies.'
- 98 John Tyndall, Scientific use of the imagination, *Scientific American*, 12 november 1870, Vol. xxiii, No. 20, p. 304-305 en *Scientific American*, 26 november 1870, Vol. xxiii, No. 22, p. 336-337. 'The mightiest instrument of the physical discoverer.' 'Bounded and conditioned by co-operant reason.'
- 99 Peter Tait, Imagination in science, *Nature*, 3 (1871) p. 395.
- 100 Léjon Saarloos, Virtues of Courage and Virtues of Restraint: Tyndall, Tait and the Use of the Imagination, in: *Late Victorian Science, in: Epistemic Virtues in the Sciences and the Humanities, Boston Studies in the Philosophy and History of Science 321* (J. van Dongen, H. Paul (eds.), Springer International Publishing AG, 2017).
- 101 Rudy Kousbroek, De verbeeldingskracht in de wetenschap, p. 19.
- 102 Karl Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge* (Routledge Classics, Volume 17, 1963).
- 103 Imre Lakatos, Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes, in: *Criticism and the Growth of Knowledge* (I. Lakatos and A. Musgrave eds., Cambridge University Press, 1970) p. 97. 'Boldness in conjectures on the one hand and austerity in refutations on the other: this is Popper's recipe.'
- 104 Als officiële datum waarop de basis werd gelegd voor de Rotterdamse bankiers- en assurantiemakelaarsfirma R. Mees & Zoonen, wordt 1 januari 1720 aangehouden: op deze dag werd Gregorius Mees beherend vennoot van de toen reeds enkele decennia bestaande firma Cordelois & De Vrijer. In 1733 traden Cordelois en De Vrijer terug en zette Gregorius Mees de zaak alleen voort.
- 105 W.F. Lichtenauer, Marten Mees (1828-1917), in: *Biografisch Woordenboek van Nederland* (Huygens ING, Den Haag).
- 106 Brief van Jenny aan haar vriendin Agathe, 9 juli 1878, VTH-HA. Aan de binnenkant van de trouwring van Jenny staat gegraveerd: 'J H v 't H 7 juli 1878.' Privémededeling van Toni Nijhof-Brink.
- 107 Brief van Jenny aan haar vriendin Agathe, 22 juli 1878, VTH-HA.
- 108 Brief van Jenny aan haar vriendin Agathe, 16 juli 1878, VTH-HA.
- 109 P. Groth, Über die Kristallformen einiger Platojodonitrite, *Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie*, 4 (1880) p. 492-503.
- 110 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 141. 'Daraus ist zu ersehen daß van 't Hoff, wie bei seiner hohen Begabung nicht anders zu erwarten war, in der kurzen Zeit von einigen Monaten die Kristallographie auch praktisch beherrschen gelernt hat.'
- 111 Brief van Van 't Hoff aan Paul Groth, 21 augustus 1878, Bayerische Staatsbibliothek, München (Grothiana X, DE-611-HS-109402). 'Liebesverhältnisse wegen sind dieselben erst jetzt fertig.'
- 112 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 5 oktober 1878, VTH-HA.

- 113 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 10 december 1878, VTH-HA.
- 114 Een op zich vreemde verwijzing naar Jenny in een brief die aan haar gericht is.
- 115 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 10 december 1878, VTH-HA.
- 116 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 10 december 1878, VTH-HA.
- 117 Martinus Willem Beijerinck, die later hoogleraar biologie en bacteriologie zou worden in Delft.
- 118 Bram Oosterwijk, *Ik verlang geen dank – Lodewijk Pincoffs (1827-1911)* (Douane, 2011). W.C. Mees, *Man van de daad. Mr. Marten Mees en de opkomst van Rotterdam* (Nijgh & Van Ditmar, Rotterdam, 1946).
- 119 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, begin januari 1879, VTH-HA.

6 Op weg naar een nieuwe chemie

- 1 Emil Fischer, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1911) p. 1-16, p. 14. 'Wo die naturwissenschaftliche Spekulation ernten will, muß der Acker zuvor durch die Beobachtung vorbereitet sein.'
- 2 M. Groen, *Het wetenschappelijk onderwijs in Nederland van 1815-1980. Een onderwijskundig overzicht. Deel 7: Wis- en Natuurkunde* (EUT report. WM, Eindhoven University of Technology, Department of Philosophy and Social Sciences; Vol. 86-WM-007, 1986) p. 1-8.
- 3 Organiek Besluit (1815) Artikel 95. Koninklijk Besluit van 2 augustus 1815, no. 14 (gepubliceerd als bijvoegsel tot de *Nederlandsche Staats-Courant* van 12 oktober 1815, nrs. 242 & 243).
- 4 M. Groen, *Het wetenschappelijk onderwijs*, p. 14.
- 5 J.H. van 't Hoff, In Memoriam Jan Willem Gunning, *Amsterdamsche Studenten-almanak 1901* (J. Clausen, Amsterdam) p. 42-52, p. 47.
- 6 *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1884* (De Erven H. van Munster en Zoon, Amsterdam) p. CLXVII.
- 7 *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1889* (J. Clausen, Amsterdam) p. CCXX.
- 8 J.H. van 't Hoff, In Memoriam Jan Willem Gunning, p. 42-52, p. 48.
- 9 A.F. Holleman, Herinneringen aan Van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 638-640, p. 638.
- 10 J.W. Gunning, *Saccharimetrie en suikerbelasting, Rapport aan den Minister van Financiën* (C.G. van der Post, Amsterdam, 1875).
- 11 Martijn Bakker, *Ondernemerschap en vernieuwing: De Nederlandse Bietsuikerindustrie 1858-1919* (Proefschrift, Technische Universiteit Eindhoven, NEHA, Amsterdam, 1989) p. 68.
- 12 Suikerwet van 20 juli 1884, artikel 8 (Staatsblad No. 147).
- 13 A.F. Holleman, Prof. Hoogewerff en de Suikercommissie, *Chemisch Weekblad*, 24 (1927) p. 432-433.
- 14 Bezoldigingsbesluit Suikercommissie, 21 oktober 1884, RMBA-VTH (No. 6).
- 15 W.C. de Graaff, G. Hondius Boldingh 14 december 1893-14 december 1918, *Chemisch Weekblad*, 15 (1918) p. 1601-1610, p. 1604-1605.
- 16 Ingrid Vledder, Eddy Houwaart en Ernst Homburg, Particuliere laboratoria in Nederland. Deel 1: Opkomst en bloei, 1865-1914, *Neha-Jaarboek voor Economische, Bedrijfs- en Techniekgeschiedenis*, 62 (1999) p. 249-290, p. 264-266.
Onder andere in het 'Bureau voor Suikeronderzoek' van G. Lotman en het laboratorium 'Wijnhoff & Van Gulpen', beide in Amsterdam.

- 17 Volgens *Het Nieuws van den Dag* van 25 juni 1897: 'Het leerplan omvat de volgende vakken: chemie der suikerfabricage en organische scheikunde (Dr. G. Hondius Boldingh), suikeranalyse en organische scheikunde (Dr. J.K. van der Heide) organische chemie en natuurkunde (Dr. W.F. Proost, [ook een promovendus van Van 't Hoff]); kunstmeststoffen, cultuur en plantenziekten (de Heer J. Jelgerhuis Swildens); werktuigkunde (de Heer K. van Buuren), constructieeler en machineteekenen (de heeren H. van Rinsum en C. Admiraal). De cursus is gesplitst in 3 deelen: 1. Een voorbereidende cursus van half juli tot half September; 2. Een cursus van 1 Februari tot 15 Juni; 3. Een voortgezette cursus van 1 Februari tot 15 Juni.'
- 18 W.C. de Graaff, G. Hondius Boldingh, p. 1606-1607.
- 19 W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *J.H. van 't Hoff's Amsterdamer Periode 1877-1895* (C. de Boer jr., Helder, 1912) p. 26.
- 20 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 28 april 1881, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 21 *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1881* (De Erven H. van Munster en Zoon, Amsterdam) p. CIII.
- 22 *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1888* (J. Clausen, Amsterdam) p. CLXXIII.
- 23 J.J. van Laar, Prof. J.H. van 't Hoff, *De Nieuwe Amsterdammer*, 2 maart 1911.
- 24 Ernst Cohen, Chemie en chemische industrie te Amsterdam in den loop der eeuwen, *Chemisch Weekblad*, 37 (1940) p. 486-502, p. 494.
- 25 J. d'Ans, Erinnerungen an J.H. van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 640-643, p. 642. 'Zu hoch für Anfänger aber eine Offenbarung für Fortgeschrittenere.'
- 26 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 18 januari 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 27 J.H. van 't Hoff, In Memoriam Jan Willem Gunning, p. 42-52, p. 48.
- 28 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 343.
- 29 J.D. van der Plaats, J.H. van 't Hoff 30 augustus 1852-1 maart 1911, *Veterinair Studenten Maandblad* (Utrecht, April 1911) p. 1-13.
- 30 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 57.
- 31 A.F. Holleman, Herinneringen aan Van 't Hoff, p. 638-640, p. 639.
- 32 W.P. Jorissen, J.H. van 't Hoff: 30 augustus 1852-1 maart 1911, *De Nieuwe Gids*, mei 1911, p. 691-697, p. 693.
- 33 Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff 1852-1911 In Memoriam, *De Gids*, 75 (1911) p. 138-155, p. 148.
- 34 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 188.
- 35 Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff 1852-1911, p. 152.
- 36 J.H. van 't Hoff, Lodewijk Theodorus Reicher 25 jaar doctor, *Chemisch Weekblad*, 5 (1908) p. 517-526, p. 518.
- 37 W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *J.H. van 't Hoff's Amsterdamer Periode*, p. 38.
- 38 Ernst Cohen, *Mannen en vrouwen van betekenis in onze dagen. Jacobus Henricus van 't Hoff* (Redactie Mr. J. Kalf jr., Tjeenk Willink & Zoon, Haarlem, 1900) p. 1-48, p. 37.
- 39 W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *J.H. van 't Hoff's Amsterdamer Periode*, p. 39.
- 40 J.H. van 't Hoff, Lodewijk Theodorus Reicher, p. 518.
- 41 Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff 1852-1911, p. 138-155, p. 152.
- 42 J. Romeny, *Over methyleenmethylamine* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 15 juni 1878).
- 43 David Cahan, *Helmholtz. A life in science* (University of Chicago Press, 2018) p. 262.
- 44 Brief van Van 't Hoff aan Vieweg, 16 april 1877, Vieweg Archive, Braunschweig.

- 45 Brief van Van 't Hoff aan Vieweg, 22 april 1877, Vieweg Archive, Braunschweig. 'Dazu notwendige Studium [wäre] zu zeitraubend für einen einzigen Menschen.'
- 46 Brief van Vieweg aan Van 't Hoff, 14 mei 1877, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). 'Um den Styl welche an vielen Stellen den außendeutschen Ursprung erkennen lässt zu verbessern.'
- 47 J.H. van 't Hoff, *Ansichten über die organische Chemie. Erster Theil* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1878), Voorwoord.
- 48 Keith J. Laidler, Chemical Kinetics and the Origins of Physical Chemistry, *Archive for History of Exact Sciences*, 32 (1985) p. 43-75.
- 49 Auguste Comte, *Cours de philosophie positive. Tome 3* (5e édition, Bachelier, Paris, 1838) p. 5. 'Peut-être parviendrai-je à faire sentir, à quelqu'un des esprits éminents qui cultivent aujourd'hui cette belle science, la nécessité de soumettre à une nouvelle et plus rationnelle élaboration l'ensemble des conceptions fondamentales qui la constituent.'
- 50 Ibidem, p. 30. 'Une suffisante habitude préalable chez les chimistes, de l'esprit mathématique [...] exercerait inévitablement la plus grande et la plus salutaire influence sur la manière de concevoir et de cultiver la chimie, et, par suite, accélérerait beaucoup ses perfectionnements ultérieurs.'
- 51 Marlies Dehler, Der Einfluss des Comte'schen Positivismus auf den jungen Chemiker Jacobus Henricus van 't Hoff und das damit im engen Zusammenhang stehende Klassifikationsmuster der Wissenschaften van 't Hoff's, *Wiss. Hefte der Pädagogischen Hochschule 'W. Ratke' Köthen*, 7 (1980) p. 137-139, p. 139.
- 52 Emil Fischer, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhandlungen der Königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1911) p. 1-16, p. 8. 'So bildet es doch ein unentbehrliches Glied in der Kette von Gedanken, die van 't Hoff aus dem engeren Bereich der Kohlenstoffverbindungen in die allgemeine Chemie hinausführten.'
- 53 J.H. van 't Hoff, *Ansichten*, p. 1.
- 54 Trevor H. Levere, *Affinity and matter. Elements of chemical philosophy 1800-1865* (Clarendon Press, Oxford, 1971) p. 196-211. Frederic L. Holmes, From elective affinities to chemical equilibria: Berthollet's law of mass action, *Chymia*, 8 (1962) p. 105-145.
- 55 J.H. van 't Hoff, *Ansichten*, p. 1.
- 56 Ibidem, p. 2-5.
- 57 C.H.D. Buys Ballot, *Schets eener physiologie van het onbewerktuigde rijk der natuur* (Kemink en Zoon, Utrecht, 1849).
- 58 H.A.M. Snelders, Het materiebegrip bij Buys Ballot, *Scientiarum Historia*, 10 (1968) p. 154-172.
- 59 Robert Scott Root-Bernstein, *The Ionists: founding physical chemistry 1872-1890* (Dissertation Princeton University, 1980) p. 217-232.
- 60 A.F. Holleman, Herinneringen aan Van 't Hoff, p. 638-640, p. 640.
- 61 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 27 juni 1878, VTH-HA.
- 62 Walther Nernst, *Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadro'schen Regel und der Thermodynamik* (Stuttgart, Verlag von Ferdinand Enke, Dritte Auflage, 1900) p. 278.
- 63 James Walker, Van 't Hoff Memorial Lecture, *Transactions of the Chemical Society*, 103 (1913) p. 1127-1143, p. 1135.
- 64 J.H. van 't Hoff, Wie die Theorie der Lösungen entstand, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 27 (1894) p. 6-19, p. 7. 'Jung wie ich war, wollte ich dann auch die Beziehungen zwischen Constitution und chemischen Eigenschaften kennen lernen. Die Constitutionsformel soll ja doch schliesslich Ausdruck des ganzen chemischen Verhaltens sein. So entstanden meine "Ansichten über die organische Chemie", die Sie

- wohl nicht kennen. Es lohnt sich auch kaum. Nur hatten sie für mich den Werth, dass sie eine bestehende Lücke mir sehr scharf zeigten.'
- 65 M. Berthelot en L. Péan de Saint-Gilles, Recherches sur les affinités de la formation et de la décomposition des éthers, *Annales de chimie et de physique*, III 65 (1862) p. 385-422, III 66 (1862) p. 5-128 en III 68 (1863) p. 225-359.
 - 66 J.H. van 't Hoff, Die Grenzebene, ein Beitrag zur Kenntniss der Esterbildung, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 10 (1877) p. 669-678, p. 670-671.
 - 67 Ibidem, p. 672.
 - 68 C.M. Guldberg en P. Waage, Studier over Affiniteten, *Forhandlingler Videnskabs-Selskabet i Christiania* (1864) p. 35-40, Forsøg til Bestemmelse af Lovene for Affiniteten, *Forhandlingler Videnskabs-Selskabet i Christiania* (1864) p. 92-94, C.M. Guldberg, Foredrag om Lovene for Affiniteten, specielt Tidens Indflydelse paa de kemiske Processer, *Forhandlingler Videnskabs-Selskabet i Christiania* (1864) p. 111-120; Untersuchungen über die chemischen Affinitäten. Abhandlungen aus den Jahren 1864, 1867, 1879, *Ostwald's Klassiker der exacten Naturwissenschaften*, 104 (1899) p. 3-9; C.M. Guldberg en P. Waage, Étude sur les affinités, *Les Mondes*, 12 (1864) p. 107-113.
 - 69 Christine King, Experiments with time: Progress and problems in the development of chemical kinetics, *Ambix*, 28 (1981) p. 70-82, p. 72. Christine King, Experiments with time: Progress and problems in the development of chemical kinetics. Part 2, *Ambix*, 29 (1982) p. 49-61.
 - 70 C.M. Guldberg en P. Waage, *Études sur les affinités chimiques* (Brøgger & Christie, Christiania, 1867) p. 6. 'Dans la chimie comme dans la mécanique, la méthode la plus naturelle sera de déterminer les forces dans leur état d'équilibre. C'est-à-dire, on devra étudier les réactions chimiques dans lesquelles les forces qui produisent des combinaisons nouvelles sont équilibrées par d'autres forces.'
 - 71 Ibidem, p. 73.
 - 72 E.W. Lund, Guldberg and Waage and the Law of Mass Action, *Journal of Chemical Education*, 42 (1965) p. 548-550.
 - 73 Thomsen, Julius, Thermochemische Untersuchungen, *Annalen der Physik*, 138 (1869) I. Über die Berthollet'sche Affinitätstheorie, p. 65-102, II. Ueber die Wasserstoffsäuren des Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan, p. 201-213 en III. Ueber die Säuren des Schwefels und Selens, p. 497-514.
 - 74 A. Horstmann, Die Theorie der Dissociation, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 170 (1873) p. 192-210.
 - 75 J.H. van 't Hoff, Die Grenzebene, p. 670-671.
 - 76 J.H. van 't Hoff, *Ansichten über die organische Chemie. Erster Theil* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1878) p. 51.
 - 77 J.H. van 't Hoff, *Ansichten über die organische Chemie. Zweiter Theil* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1881) p. 123.
 - 78 C.M. Guldberg en P. Waage, Über die chemische Affinität, *Journal für praktische Chemie*, 127 (1879) p. 69-114.
 - 79 E.A. Guggenheim, Textbook errors: more about the laws of reaction rates and of equilibrium, *Journal of Chemical Education*, 33 (1956) p. 544-545.
 - 80 F.H. van Lunteren, Wetenschap voor het vaderland. J.D. van der Waals en de Afdeling Natuurkunde, in: *De Akademie en de Tweede Gouden Eeuw* (onder redactie van K. van Berkel, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 2004) p. 43-106, p. 47-50.
 - 81 Nota Gunning, 20 februari 1880, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_560_96-98).

- 82 Notulen van de Buitengewone Vergadering van de Akademie van Wetenschappen op Saturday 2 april 1881, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_8_60-65).
- 83 Ibidem.
- 84 E. Mulder, Eenige bijzonderheden uit het leven van E. Mulder (door hemzelf beschreven), RMBA (a5) p. 227-228.
- 85 Ernst Cohen, Van Kasteleijn tot Jorissen, *Chemisch Weekblad*, 36 (1939) p. 846-855, p. 852.
- 86 Deze heb ik helaas niet terug kunnen vinden.
- 87 C.P. van Kerkwijk, *Antoine Paul Nicolas Franchimont (1844-1919)* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 1934) p. 48.
- 88 Brief van Gunning aan Von Baumhauer, 16 april 1881, in: H.J. van der Beek, *E.H. von Baumhauer. Zijn betekenis voor de wetenschap en de Nederlandse economie* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 1963) p. 89.
- 89 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 26 april 1881, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4). 'Ik zou reeds verder zijn als Gunning niet een lange bespreking met mij had gehad over mijn *Ansichten*, waaruit mij opnieuw bleek welk een bijzondere genegenheid hij mij toedraagt; doch de uitingen van 't hart zijn tijdrovend.'
- 90 Nota van Gunning aan de Akademie van Wetenschappen, 26 april 1881, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_560_99-104).
- 91 Bericht über die Fortschritte der Chemie und verwandter Theile anderer Wissenschaften für 1874, *Jahresbericht über die Fortschritte der reinen, pharmaceutischen und technischen Chemie, Physik, Mineralogie und Geologie* (J. Ricker'sche Buchhandlung, Giessen, 1877) p. 561 en p. 578.
- 92 A.P.N. Franchimont, *Leidraad bij de studie van de koolstof en hare verbindingen* (E.J. Brill, Leiden, 1878) p. 700.
- 93 Ibidem.
- 94 Brief van Gunning aan de Akademie van Wetenschappen, 26 april 1881, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_560_106-108).
- 95 Brief van Franchimont aan de Akademie van Wetenschappen, september 1881, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_560_109-110).
- 96 Lorraine Daston and Peter Galison, *Objectivity* (Zone Books, New York, 2007).
- 97 F.H. van Lunteren, *Wetenschap voor het vaderland*, p. 50.
- 98 M. Delépine, *Vie et oeuvres de Joseph-Achille Le Bel* (Paul Dupont, Paris, 1949) p. 14.

7 Op zoek naar evenwicht

- 1 Svante Arrhenius, *Nordisk Revy*, II (1884-1885), No. 28, 31 maart 1885, p. 364-365, p. 364. Vertaling van Jenny van 't Hoff, zie: Brief van Jenny aan vader Van 't Hoff, 17 april 1885, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 2 Eugene Garfield, What is the primordial reference for the phrase 'Publish Or Perish'?, *The Scientist*, 10 (1996) p. 11-12.
- 3 P. Groth, Über die Kristallformen einiger Platojodonitrite, *Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie*, 4 (1880) p. 492-503.
- 4 Vijf keer per week Systematische Chemie, twee keer Theoretische Chemie, en daarnaast nog colleges Kristallografie, Mineralogie en Geologie.
- 5 Johanna Francina (Jenny jr.) werd geboren op 8 oktober 1880.
- 6 Eerst bij mevrouw Ophoven aan de (Binnen-)Amstel 131, vervolgens (met Jenny) naar (Binnen-)Amstel 61. Zie: *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps* voor het jaar 1879, 1880, 1881 en 1882 (De Erven H. van Munster en Zoon, Amsterdam).
- 7 Aleida Jacoba werd geboren op 19 maart 1882 en Jacobus Hendricus (Henry jr.) op 23 februari 1883.

- 8 Jenny van 't Hoff jr., Amsterdam, vanaf februari 1883, *Herinneringen van Mevrouw J.F. Behn-van 't Hoff*, gedateerd 27 maart 1960, VTH-HA.
- 9 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 28 april 1881, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 10 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 29 december 1884, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 11 Wilhelm Ostwald, Jacobus Henricus van 't Hoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 31 (1899) p. v-XVIII.
- 12 Dibroombarnesteen zuur valt bij zo'n 100 graden Celsius (langzaam) uiteen in HBr en broommaleïnezuur.
- 13 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 182.
- 14 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 24 september 1882, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 15 Het proefschrift van Schwab was getiteld: 'Bijdrage tot de kennis der estervorming,' en dat van Reicher: 'De temperatuur der allotropische verandering van de zwavel en haar afhankelijkheid van den druk.' Beiden worden in de *Études* herhaaldelijk genoemd en bedankt.
- 16 Het boek is opgedragen aan een van zijn studenten in Amsterdam, Jan Jacob van Valkenburg, 'candidaat in de wis- en natuurkunde', die 4 december 1883 op 25-jarige leeftijd was overleden. Hij was Van 't Hoff's favoriete leerling. Samen met drie anderen, J.J. van Laar, Ch.M. van Deventer en G. Bakker, die allen hun sporen in de wetenschap hebben achtergelaten, volgde hij in het studiejaar 1881-1882 het college *Thermodynamica* van Van der Waals.
- 17 John W. Servos, *Physical Chemistry from Ostwald to Pauling. The making of a Science in America* (Princeton University Press, Princeton, 1990) p. 26. 'One of the richest books in the history of chemistry.'
- 18 Keith J. Laidler, *Chemical Kinetics and the Origin of Physical Chemistry*, *Archive for History of Exact Sciences*, 32 (1985) p. 43-75, p. 50. 'It still makes for profitable reading a hundred years later.'
- 19 C.L. Berthollet, *Essai de Statique Chimique* (Imprimerie de Demonville et Sœurs, Paris, première partie (1803) et seconde partie (1805)). In zijn artikel over dit *Essai* merkt Ch.M. van Deventer op dat: 'Wie voordeel wil hebben van de Statique Chimique zich de moeite [moet] getroosten een groote laag onbruikbare aarde om te spitten en weg te werpen, vóór dat hij de kostbare metaal-aderen heeft blootgelegd.' Zie: Ch.M. van Deventer, De Wet van Berthollet en de moderne scheikunde, *De Nieuwe Gids*, 1 (1885-1886) p. 97-118, p. 97.
- 20 Georges Lemoine, *Études sur les équilibres chimiques* (Dunod éditeur, Paris, 1881).
- 21 Auguste Comte, *Cours de Philosophie Positive. Tome 3* (5e édition, Bachelier, Paris, 1838) p. 36.
- 22 Als twaalf jaar later de fysische chemie zich een respectabele positie heeft verworven, het door Van 't Hoff en Ostwald opgerichte *Zeitschrift für physikalische Chemie* al bijna tien jaar bestaat en Duitse scheikundigen meer dan hun Franse vakbroeders voor dit vakgebied bepalend zijn geworden, publiceert Van 't Hoff een tweede, gewijzigde editie in het Duits: J.H. van 't Hoff, *Studien zur chemischen Dynamik* (Bearbeitet von Dr. Ernst Cohen, Frederik Müller & Co, Amsterdam/Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1896). Datzelfde jaar verscheen ook een Engelse vertaling van de hand van Thomas Ewan, een van Van 't Hoff's medewerkers in Amsterdam. Zie: J.H. van 't Hoff, *Studies in chemical dynamics* (Translated by Thos. Ewan, Frederik Müller & Co., Amsterdam/Williams & Norgate, London, 1896).
- 23 J.H. van 't Hoff, *Études de dynamique chimique* (Frederik Muller en Co, Amsterdam, 1884) p. 1. 'À l'origine, toute recherche scientifique est d'ordre descriptif ou systématique;

elle devient plus tard d'ordre rationnel ou philosophique. [...] Les recherches d'ordre rationnel en chimie ont été caractérisées, dans ces derniers temps, par une tendance marquée à relier la formule de constitution d'un corps à ses propriétés.'

- 24 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 4.
- 25 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 4-5.
- 26 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 6.
- 27 Trevor H. Levere, *Affinity and Matter. Elements of chemical philosophy 1800-1865* (Clarendon Press, Oxford, 1971) p. 196-211. Louis Médard en Henri Tachoire, *Histoire de la thermochimie. Prélude à la thermodynamique chimique* (Université de Provence, 1994).
- 28 Maurice W. Lindauer, The Evolution of the Concept of Chemical Equilibrium from 1775 to 1923, *Journal of Chemical Education*, 39 (1962) p. 384-390. Frederic L. Holmes, From elective affinities to chemical equilibria: Berthollet's law of mass action, *Chymia*, 8 (1962) p. 105-145. Tegenwoordig wordt het begrip 'affiniteit' niet langer in deze betekenis gebruikt en is het vervangen door de meer geavanceerde en nauwkeurigere term 'Gibbs (vrije) energie': de verandering in de Gibbs energie is de maximale hoeveelheid arbeid die een reactie zou kunnen leveren.
- 29 Daarom ook had Van 't Hoff in de *Ansichten* de zwaartekracht aangenomen als drijvende kracht achter chemische reacties.
- 30 Julius Thomsen, Die Grundzüge eines thermochemischen Systems. v. Über die Affinität mit besonderer Rücksicht auf die chemischen Zersetzungen, *Annalen der Physik und Chemie*, 92 (1854) p. 34-57, p. 35. 'Die Affinität zweier Körper zeigt sich durch das Vermögen sich miteinander unmittelbar verbinden zu können; findet die Vereinigung statt, dann entwickelt sich eine der Affinität der Körper entsprechende Wärmemenge.'
- 31 Julius Thomsen, Thermochemische Untersuchungen, *Annalen der Physik*, 138 (1869) 1. Über die Berthollet'sche Affinitätstheorie, p. 65-102, II. Ueber die Wasserstoffsäuren des Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan, p. 201-213 en III. Ueber die Säuren des Schwefels und Selens, p. 497-514.
- 32 M. Berthelot, Sur les principes généraux de la thermochimie, *Annales de Chimie et de Physique*, v 4 (1875) p. 5-131 en p. 141-213.
- 33 Julius Thomsen, Die Grundzüge eines thermochemischen Systems, p. 36. 'Jede einfache oder zusammengesetzte Wirkung von rein chemischer Natur ist von einer Wärmeentwicklung begleitet.'
- 34 Virginia M. Schelar, Thermochemistry and the third law of thermodynamics, *Chymia*, 11 (1966) p. 99-124. R.G.A. Dolby, Thermochemistry versus thermodynamics: The Nineteenth Century Controversy, *History of Science*, 22 (1984) p. 375-400.
- 35 Helge Kragh, Van 't Hoff and the Transition from Thermochemistry to Chemical Thermodynamics, in: *Van 't Hoff and the emergence of chemical thermodynamics* (Eds. Willem Hornix and S. Mannaerts, Delft University Press, 2001) p. 191-207, p. 193.
- 36 Helge Kragh, Julius Thomsen and Classical Thermochemistry, *The British Journal for the History of Science*, 17 (1984) p. 255-272, p. 269-270.
- 37 Helge Kragh and Stephen J. Weininger, Sooner Silence than Confusion: The Tortuous Entry of Entropy into Chemistry, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 27 (1996) p. 91-130, p. 94.
- 38 H. Kragh, Between physics and chemistry: Helmholtz's route to a theory of chemical thermodynamics, in: *Hermann van Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science* (Ed. David Cahan, University of California Press, Berkeley, 1993) p. 403-431.
- 39 William B. Jensen and Julia Kuhlmann, Leopold Pfaundler and the origins of the kinetic theory of chemical reactions, *Bulletin for the History of Chemistry*, 37 (2012) p. 29-41. H.A.M. Snelders, Dissociation, Darwinism and entropy. A case study from the history

- of physical chemistry, *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 64 (1977) p. 51-75.
- 40 Als de dichtheid van een gas bekend is, volgt uit de verhouding van die dichtheid met de dichtheid van een gas met een bekend molecuulgewicht (bijvoorbeeld waterstof), het molecuulgewicht van de onbekende verbinding.
 - 41 Leopold Pfaundler, Beiträge zur chemischen Statik, *Annalen der Physik und Chemie*, 131 (1867) p. 55-85.
 - 42 Alexander Kipnis, August Horstmann (1842-1929): Eine große Übergangsfigur in der Geschichte der physikalischen Chemie, *Mitteilungen, Gesellschaft Deutscher Chemiker/Fachgruppe Geschichte der Chemie* Bd. 11 (Frankfurt/Main, 1995) p. 26-44.
 - 43 Onder andere salmiak (ammoniumchloride) en kalksteen (calciumcarbonaat).
 - 44 William B. Jensen, August Horstmann and the origins of chemical thermodynamics, *Bulletin for the History of Chemistry*, 34 (2009) p. 83-91.
 - 45 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 506.
 - 46 August Horstmann, *Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge, Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften* (Ed. J.H. van 't Hoff, Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1903).
 - 47 Keith J. Laidler, Chemical Kinetics and the Origin of Physical Chemistry, p. 52-53.
 - 48 Ook Guldberg en Waage hadden een soortgelijke constante geïntroduceerd, maar deze gedefinieerd als een krachts- of affiniteitsconstante, niet als een reactieconstante. Omdat de beschreven reactie zich in de gasfase afspeelt, wordt in plaats van een concentratie meestal een partiële druk gebruikt.
 - 49 Voornamelijk het werk van de eerdergenoemde assistenten Schwab en Reicher.
 - 50 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 55-58.
 - 51 Ibidem, p. 72.
 - 52 Ibidem, p. 115. 'D'après les principes de thermodynamique.'
 - 53 Ibidem. Een paar pagina's verder (p. 128) schrijft Van 't Hoff: 'De aard van dit werk, dat meer het karakter heeft van een schets, staat me niet toe om in de noodzakelijke thermodynamische details te treden die ten grondslag liggen aan de geciteerde vergelijking.' ('Le cadre dans lequel j'ai renfermé ce travail et qui le rapproche d'une esquisse ne permet pas d'entrer dans les détails de thermodynamique nécessaires à la démonstration de l'équation citée.') Degene die dit als eerste deed was Van 't Hoff's Amsterdamse collega D.J. Korteweg, op verzoek van Van Bemmelen, die na het verschijnen van de *Études* er zelf een uitgebreide studie van maakte (zie hoofdstuk 8). Van 't Hoff zelf gaf pas een jaar later een eigen, nogal omslachtige afleiding van de betreffende formule: J.H. van 't Hoff, L'équilibre chimique dans les systèmes gazeux, ou dissous à l'état dilué, *Archives Néerlandaises*, 20 (1885) p. 239-302, p. 265-267.
 - 54 In de huidige leerboeken wordt in plaats van de reactiewarmte q , meestal de reactie-enthalpie ΔH gebruikt. Bij een exotherme reactie, waarbij warmte vrijkomt, is de totale enthalpie na de reactie kleiner dan die voor de reactie en is de reactie-enthalpie dus negatief. De formule zou dan ook een minteken krijgen, ware het niet dat de reactie-enthalpie betrokken wordt op de heengaande reactie.
 - 55 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 193.
 - 56 Ibidem, p. 194.
 - 57 A. Horstmann, Zur Theorie der Dissociation, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* (1871) p. 635-639, p. 638. A. Horstmann, Die Theorie der Dissociation, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 170 (1873) p. 192-210, p. 204.
 - 58 Robert Scott Root-Bernstein, *The Ionists: founding physical chemistry 1872-1890* (Dissertation Princeton University, 1980) p. 265-267.

- 59 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 139.
- 60 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 141-146.
- 61 Hiervoor gebruikte Reicher een zogenaamde *dilatometer*, een stuk glaswerk waarmee de volumeverandering die bij een chemische reactie of fysische faseovergang optreedt, kan worden gemeten door het aflezen van het vloeistofniveau in een dun buisje.
- 62 L.Th. Reicher, *De temperatuur der allotropische verandering van de zwavel en haar afhankelijkheid van den druk* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 13 juli 1883) p. 27-30.
- 63 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 176.
- 64 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 161. 'Cette coïncidence a été, pour moi, l'origine d'une amitié qui, j'espère, se prolongera longtemps.'
- 65 Hugo Rudolph Kruyt, *De dynamische allotropie der zwavel* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht, 1908).
- 66 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 173.
- 67 Thomsen had overigens in zijn *Thermochemische Untersuchungen* (Band III, p. 523), dat nog vóór het verschijnen van de *Études* in 1883 was uitgekomen, toegegeven dat niet alleen warmte de drijvende kracht was achter chemische reacties (Zie: Julius Thomsen, *Thermochemische Untersuchungen*. Band I-IV (Barth Verlag, Leipzig, 1882-1886)). Berthelot zou zijn bijdrage nooit herroepen, ook niet na het verschijnen van Van 't Hoff's kritiek.
- 68 In meer moderne bewoordingen: alleen bij het absolute nulpunt geeft de exotherm per definitie de richting aan waarin de reactie verloopt.
- 69 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 169-170. 'Si l'on considère que la température terrestre [...] est relativement basse, éloignée du zéro absolu de 273° seulement; dès lors on prévoit que dans les circonstances ordinaires la grande majorité des équilibres chimiques se trouvera renversée sensiblement du côté des systèmes formés avec dégagement de chaleur.'
- 70 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 11. 'la grande valeur qui me paraît attachée à ce principe pour la prévision de phénomènes nombreux.'
- 71 J.H. van 't Hoff, *Acht Vorträge über physikalische Chemie gehalten auf Einladung der Universität Chicago vom 20. bis 24. Juni 1901* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1902) p. 21. 'Dass Arbeit leisten und Wärme entwickeln bei chemischen Reaktionen nicht gleichbedeutend sind.'
- 72 Helge Kragh and Stephen J. Weininger, *Sooner Silence than Confusion*, p. 102. 'Although Van 't Hoff made use of the works of Clausius and Helmholtz, his version of thermodynamics was very much his own.' H. Kragh, *Between physics and chemistry*, p. 403-431.
- 73 Ch.M. van Deventer, *Varia, De Nieuwe Gids*, 2 (1887) p. 321-323.
- 74 Helge Kragh and Stephen J. Weininger, *Sooner Silence than Confusion*, p. 108.
- 75 Van 't Hoff studeerde in Leiden voordat de Wet op het Hoger Onderwijs van 1876 in-gang vond. Het studieprogramma was in overeenstemming met het Organiek Besluit van 1815. Zie: M. Groen, *Het wetenschappelijk onderwijs in Nederland van 1815-1980. Een onderwijskundig overzicht. Deel 7: Wis- en Natuurkunde* (EUT report. WM, Eindhoven University of Technology, Department of Philosophy and Social Sciences; Vol. 86-WM-007, 1986) p. 9.
- 76 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 179-181.
- 77 E. Mitscherlich, *Lehrbuch der Chemie. Die Metalloide* (Ernst Siegfried Mittler, Berlin, 1844) p. 565.
- 78 J.H. van 't Hoff, *Wie die Theorie der Lösungen entstand*, *Berichte der Deutschen*

- Chemischen Gesellschaft*, 27 (1894) p. 6-19, p. 7. 'Mit dieser Frage auf den Lippen aus dem Laboratorium kommend, begegnete ich dann meinem Collegen de Vries und seiner Frau; der war gerade mit osmotischen Versuchen beschäftigt und machte mich mit Pfeffer's Bestimmungen bekannt.'
- 79 Hugo de Vries, *Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung* (Leipzig, 1877) p. 117-118. Een *Habilitationsschrift* is een tweede proefschrift dat in die tijd in Duitsland vereist was voor hen die een hoogleraarspositie ambieerden.
 - 80 E.J.A. Zevenhuizen, *Vast in het spoor van Darwin. Biografie van Hugo de Vries* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 2008) p. 172.
 - 81 Wilhelm Pfeffer, *Osmotische Untersuchungen. Studien zur Zellmechanik* (Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1877).
 - 82 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 186-193.
 - 83 Die formule luidt: $A = q(P-T)/T$, waarbij A de affiniteit is, q de vrijkomende hoeveelheid warmte en P de absolute temperatuur bij het overgangspunt.
 - 84 J.H. van 't Hoff, *Études*, p. 202-207.
 - 85 H. von Helmholtz, Die Thermodynamik chemischer Vorgänge, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 2 februari 1882, p. 22-39. H. von Helmholtz, Die Thermodynamik chemischer Vorgänge. Versuche an Chlorzink-Kalomel-Elementen, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 27 juli 1882, p. 825-836.
 - 86 In de tweede geheel herziene uitgave van de *Études*, die door Van 't Hoff's leerling Ernst Cohen is geredigeerd, worden een groot aantal voorbeelden van elektrochemische reacties voor het voetlicht gebracht die allemaal prachtig in overeenstemming blijken te zijn met de door Van 't Hoff ontwikkelde theorie. De twee oorspronkelijk door Van 't Hoff behandelde voorbeelden moeten het echter ook twaalf jaar later nog altijd zonder experimentele bevestiging doen. Zie: J.H. van 't Hoff, *Studien zur chemischen Dynamik*, p. 279-282.
 - 87 J.H. van 't Hoff, *L'équilibre chimique dans les systèmes gazeux*, p. 239-302.
 - 88 James Walker, Van 't Hoff Memorial Lecture, *Transactions of the Chemical Society*, 103 (1913) p. 1127-1143. 'I remember having read these *Études* in 1885 or 1886, and I can well remember the mingled feeling of revelation and bewilderment which the book produced on me. [...] Here, I thought, was the real thing at last, hard to comprehend, certainly, but something definite. What I understood was excellent. What I did not quite succeed in understanding seemed, somehow, even better.'
 - 89 A.F. Holleman, *Het Van 't Hoff monument te Rotterdam* (Naamlooze Vennootschap v/h Ipenbuur & Van Seldam, Amsterdam, 1915) p. 29-39, p. 34.
 - 90 A.C. Oudemans, EXTRAITS. *Études de dynamique chimique*. Par M. J.H. van 't Hoff, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays Bas*, 3 (1884) p. 333-335.
 - 91 F. Urech, Ueber den Einfluss von Temperatur und Concentration der Salzsäure auf die Inversionsgeschwindigkeit der Saccharose, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 17 (1884) p. 2165-2178.
 - 92 H. Le Châtelier, *Comptes Rendus*, 99 (1884) p. 786-789 en 106 (1888) p. 355-357.
 - 93 Alleen in veel Nederlandse school- en leerboeken voor scheikunde krijgt Van 't Hoff nog enige eer toebedeeld en wordt dit 'het principe van Le Châtelier en Van 't Hoff' genoemd.
 - 94 Gerhard Ertl, Wilhelm Ostwald: Begründer der physikalischen Chemie und Nobel-preisträger 1909, *Angewandte Chemie*, 121 (2009) p. 6724-6730.
 - 95 Jānis Stradiņš, Wilhelm Ostwalds Rīgaer Jahre und die Entstehung der klassischen physikalischen Chemie, *Acta medico-historica Rigensia*, III (1997) p. 55-70.
 - 96 Rudolf Engelmann was de zoon van de oprichter en naamgever van uitgeverij

- Wilhelm Engelmann. Zie: Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Erster Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1926) p. 159-160.
- 97 Ibidem, p. 235. 'Kurz vorher war mir ein Werk zu Händen gekommen, das mir noch mehr Kopfzerbrechen machte, als seinerzeit die Schrift von Arrhenius.'
- 98 Ibidem.
- 99 Wilhelm Ostwald, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Zweiter Band: Chemische Energie und Verwandtschaftslehre* (Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1887) p. 613. 'Freilich bedürfen manche Schlussfolgerungen des Autors noch sehr der Bestätigung und experimentellen Durcharbeitung, doch hatte die Fülle der Ideen und die Mannigfaltigkeit der Anwendungen einen unzweifelhaften und dauernden Wert.'
- 100 Ibidem, p. 727. 'Zu einer eingehenden Kritik der Anwendungen, welche der Autor von seiner Theorie macht, fehlt hier den Raum. Doch kann nicht verhehlt werden, dass manche seiner Bemerkungen und Berechnungen gegen die Guldberg-Waagesche Theorie falsch sind.'
- 101 Svante Arrhenius, *Nordisk Revy*, II (1884-1885), No. 28, 31 maart 1885, p. 364-365.
- 102 Regine Zott, Jacobus Henricus van 't Hoff in Briefen an Svante Arrhenius, in: *Aus Wissenschaftsgeschichte und -theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag überreicht von Freunden, Kollegen und Schülern* (Herausgegeben von Horst Kant und Annette Vogt, Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 2005) p. 239-256, p. 240. 'Seine Briefe sind nicht auf Holländisch, sondern auf Deutsch geschrieben, und enthalten orthografische Fehler [spelfouten] sowie grammatikalisches Eigenwilligkeiten.'
- 103 Een volgens Cohen 'welsprekende getuigenis van haar hoge begaafdheid voor vreemde talen.'
- 104 Brief van Jenny aan vader Van 't Hoff, 17 april 1885, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 105 Elisabeth Crawford, *Arrhenius. From Ionic Theory to the Greenhouse Effect* (Science History Publications/USA, 1996) p. 9-43. Ernst Riesenfeld, *Svante Arrhenius* (Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., Leipzig, 1931) p. 1-21.
- 106 Hij was ook mineraloog en ontdekte onder meer de elementen holmium en thulium.
- 107 Het proefschrift van Arrhenius verscheen in het Frans, hetgeen opnieuw aangeeft hoezeer ook Arrhenius, net als Van 't Hoff met zijn *Études*, eerder van zijn Franse dan van zijn Duitse collega's belangstelling voor zijn werk verwachtte.
- 108 Svante Arrhenius, Recherches sur la conductibilité galvanique des électrolytes. I. La conductibilité des solutions aqueuses extrêmement diluées déterminée au moyen du dépolarisateur/II. Théorie chimique des électrolytes, *Bihang till Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademien Handlingar*, 8 (1884), No. 13 en No. 14. Later ook verschenen in de reeks *Ostwald's Klassiker* (1907) No. 160.
- 109 W. Cruickshank, Experiments in galvanic electricity by messrs. William Nicholson and Anthony Carlisle, *Philosophical Magazine*, 4 (1800) p. 337-347.
- 110 Rosemary Gene Ehl and Aaron Ihde, Faraday's electrochemical laws and the determination of equivalent weights, *Journal of Chemical Education*, 31 (1954) p. 226-232.
- 111 Robert Scott Root-Bernstein, *The Ionists*, p. 63.
- 112 F. Kohlrausch and W.A. Nippoldt, Ueber die Gültigkeit der Ohm'schen Gesetze für Electrolyte, *Annalen der Physik*, 138 (1869) p. 280-298 en p. 370-390. F. Kohlrausch, Das electrische Leitungsvermögen der wässerigen Lösungen von den Hydraten und Salzen der leichten Metalle, *Annalen der Physik*, 6 (1879) p. 1-51 en p. 145-210.
- 113 J.A. Fleming, *The alternate current transformer in theory and practice. Volume I The induction of electric currents* ('The Electrician' printing and publishing company, London, 1894) p. 41.

- 114 Elisabeth Crawford, *Arrhenius*, p. 30-31.
- 115 Svante Arrhenius, Über die Gültigkeit der Clausius-Williamson Hypothese, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 15 (1884) p. 49-52.
- 116 Svante Arrhenius, Electrolytic dissociation, *Journal of the American Chemical Society*, 34 (1912) p. 353-364, p. 358. 'I knew my professors in Upsala too well and found that it would be impossible to get them to believe that.'
- 117 De ontdekking die hem uiteindelijk de Nobelprijs zou opleveren.
- 118 Svante Arrhenius, Théorie chimique des électrolytes, *Bihang till Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademien Handlingar*, 8 (1884) No. 14, p. 5. 'À quel égard ces deux parties différent, reste à élucider. Probablement (comme pour l'ammoniaque), la partie active est un composé de la partie inactive et du dissolvant. Ou bien l'inactivité peut être causée par une complexité moléculaire, ou bien la différence entre les parties active et inactive peut consister en des propriétés purement physiques.'
- 119 Svante Arrhenius, Théorie chimique des électrolytes, p. 4.
- 120 Robert Scott Root-Bernstein, *The Ionists*, p. 97, meer in het algemeen beschrijft Root-Bernstein het promotieonderzoek van Arrhenius in hoofdstuk 1 en 2 op p. 16-108.
- 121 Svante Arrhenius, Aus der Sturm- und Drangzeit der Lösungstheorien, *Chemisch Weekblad*, 10 (1913) p. 584-599, p. 586. 'Dass ich eine neue Theorie aufgestellt habe für die chemische Einwirkung der Elektrolyte. "Das ist ja ausgezeichnet", sagte er überlegen ironisch und zeigte mir, dass er es unter seiner Würde hielt auf solche lächerliche Spekulationen einzugehen.'
- 122 Elisabeth Crawford, *Arrhenius*, p. 43-44.
- 123 Svante Arrhenius, *Nordisk Revy*, II (1884-1885), No. 28, 31 maart 1885, p. 364-365. Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 4 augustus 1885, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 124 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 216-217, 'Ich werde in meinem ganzen Leben den Tag nicht vergessen, an welchem ich zum ersten Male den Namen Svante Arrhenius kennen lernte. Ich hatte damals – es war im Juni 1884 – an jenem einen Tage gleichzeitig ein böses Zahngeschwür, ein niedliches Töchterchen und eine Abhandlung von Svante Arrhenius [...] bekommen.' 'Die Abhandlung machte mir Kopfschmerzen und mehr als eine unruhige Nacht.'
- 125 Wilhelm Ostwald, Studien zur chemischen Dynamik. Erste Abhandlung: Die Einwirkung der Säuren auf Acetamid, *Journal für praktische Chemie*, 27 (1883) p. 1-39.
 Wilhelm Ostwald, Studien zur chemischen Dynamik. Zweite Abhandlung: Die Einwirkung der Säuren auf Methylacetat, *Journal für praktische Chemie*, 28 (1883) p. 449-495.
- 126 Wilhelm Ostwald, Notiz über das elektrische Leitungsvermögen der Säuren, *Journal für praktische Chemie*, 30 (1884) p. 93-95.
- 127 Benjamin Harrow, The meeting of Ostwald, Arrhenius, and Van 't Hoff, *Journal of Chemical Education*, 7 (1930) p. 2697-2700, p. 2698.
- 128 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 223. 'Also Sie glauben, daß dort im Becherglas mit Chlormatriumlösung die Natriumatome so einzeln herumschwimmen? Ich bejahte, und er warf einen schnellen Seitenblick auf mich, der einen aufrichtigen Zweifel an meiner chemischen Vernunft zum Ausdruck brachte.'
- 129 *Tageblatt der 57. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Magdeburg*, 3 (1884) p. 83-84 en 5 (1884) p. 303. Arrhenius was zo'n grote onbekende dat in dit *Tageblatt* Ostwald nog als spreker werd opgevoerd.
- 130 Svante Arrhenius, Über die Gültigkeit der Clausius-Williamson Hypothese, p. 49-52.
- 131 Elisabeth Crawford, *Arrhenius*, p. 59-60.

- 132 Svante Arrhenius, *Nordisk Revy*, p. 364.
- 133 Ibidem, p. 365. 'Aftar han naturen den Janusmask, som termokemisterna envisats att påsätta henne.' 'Då ref. på helt andra grunder kommit till samma slutsats.' Arrhenius komt inderdaad in deel II van zijn proefschrift tot dezelfde conclusie.
- 134 Ibidem. 'Torde det ej dröja länge, förr än detta fält bearbetas af en massa flitiga forskare.'
- 135 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 15 december 1885, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 19-20.

8 Oplossen en uiteenvallen

- 1 J.H. van 't Hoff, De physiologische beteekenis der jongste stroomingen op natuur- en scheikundig gebied, *Handelingen van het Derde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres (gehouden te Utrecht op den 3den en 4den April 1891)* (J. van Boekhoven, Utrecht, 1891) p. 26-36, p. 31.
- 2 J.H. van 't Hoff, Wie die Theorie der Lösungen entstand, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 27 (1894) p. 6-19, p. 7. 'Um mein Ziel zu erreichen, kam ich stets weiter vom Ziel; das kommt öfter vor.'
- 3 E.J.A. Zevenhuizen, *Vast in het spoor van Darwin. Biografie van Hugo de Vries* (Proefschrift Universiteit van Amsterdam, 2008) p. 172-173.
- 4 Hugo de Vries, Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft, *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, 14 (1884) p. 427-601.
- 5 Ibidem, p. 428. 'Die Anziehung zwischen den Molecülen eines gelösten Körpers und seinem Lösungsmittel ist eine physikalische Kraft, und die isotonischen Coëfficienten, welche das Maass dieser Anziehung sein sollen, beziehen sich somit auf eine physikalische Eigenschaft der betreffenden Körper.'
- 6 J.H. van 't Hoff, De physiologische beteekenis, p. 29.
- 7 Hugo de Vries, Eine Methode, p. 427.
- 8 F.-M. Raoult, Loi générale de congélation des dissolvants, *Comptes rendus*, 95 (1882) p. 1030-1033. Hugo de Vries, Eine Methode, p. 525-526. 'Für diese fand er ganz allgemein die Regel, dass die Gefrierpunktserniedrigungen von Lösungen, welche im Liter dieselbe Anzahl Grammoecüle besitzen, für sämmtliche organische Körper, unabhängig von der Grösse ihrer Molecüle oder ihren sonstigen Eigenschaften annähernd denselben Werth haben.'
- 9 J.H. van 't Hoff, De physiologische beteekenis, p. 29.
- 10 Raoult had ook ontdekt dat opgeloste stoffen de dampspanning van een oplossing konden verlagen (de wet van Raoult), en daarbij ook aangetoond dat zouten hierbij effectiever waren.
- 11 Hij leverde het manuscript ervan in november 1883 in bij de redactie.
- 12 Het is onbekend of het bedrijfsarchief van zijn uitgever Frederik Muller & Co. in Amsterdam nog bestaat, en zo ja waar zich dat nu bevindt.
- 13 F. Urech, Ueber den Einfluss von Temperatur und Concentration der Salzsäure auf die Inversionsgeschwindigkeit der Saccharose, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 17 (1884) p. 2165-2178.
- 14 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 225. 'Auf dem Rasen vor dem Hause "bei Nachtigallenklang und duftenden Reseden" brachte er seine Gedanken zu Papier, Gedanken, die dazu berufen waren, der Wissenschaft neue Fernblicke, ihm selbst aber den Weg zu unvergänglichem Ruhm zu eröffnen.'

- 15 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 29 december 1884, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 16 Thijs Hagendijk, *The Song of the Nightingale? Van 't Hoff and the Analogy Between Solutions and Gases* (Masters' Thesis Universiteit Utrecht, 2013) p. 8-13. Richard Strauss zette in zijn 'Acht Lieder' (op. 10) een aantal gedichten van de Duitse dichter Hermann von Gilm (1812-1864) op muziek. Het gedicht *Allerseelen* bevat de volgende strofe:

Stell auf den Tisch die duftenden Reseden,
Die letzten roten Aestern trag herbei
Und laß uns wieder von der Liebe reden
Wie einst im Mai.
- 17 Ernst Cohen, Eene halve eeuw osmotische druk, *Chemisch Weekblad*, 31 (1934) p. 782-788, p. 782.
- 18 Jenny van 't Hoff jr., Nog meer vroege herinneringen (1880-1885), *Herinneringen van Mevrouw J.F. Behn-van 't Hoff*, gedateerd 27 maart 1960, VTH-HA.
- 19 Thijs Hagendijk, *The Song of the Nightingale?*, p. 15-20.
- 20 Joseph Louis Gay-Lussac, Considérations sur les forces chimiques: sur la cohésion, *Comptes Rendus*, 8 (1839) p. 1000-1017.
- 21 M.A. Rosenstiehl, Sur la nature de la force motrice qui produit les phénomènes d'endosmose, *Comptes Rendus*, 70 (1870) p. 617-620, p. 620. 'Entre la colonne liquide soulevée dans l'endosmomètre et le piston soulevé par la force élastique d'une vapeur il n'y a que la différence du milieu où se produit le travail.' Op 27 december 1893 stuurde Rosenstiehl een brief aan Van 't Hoff naar aanleiding van een lezing die deze te Parijs had gehouden. Hij wees Van 't Hoff daarin op zijn artikel uit 1870, en op de uitspraak van zijn collega Friedel dat Rosenstiehl 'de osmotische theorie had voorvoeld' (avait pressenti la théorie osmotique). Van 't Hoff las dit verkeerd (présenté i.p.v. pressenti) en wees er in zijn (helaas verloren gegane) antwoord op dat Rosenstiehl de theorie niet zelf uiteen had gezet. Rosenstiehl antwoordde daarop direct op 1 januari 1894, dat hij dat niet bedoeld had en ook niet de indruk wilde wekken op enigerlei wijze te hebben bijgedragen aan de theorie 'die u een eminente positie hebben opgeleverd onder de geleerden van deze tijd'. Blijkbaar had Van 't Hoff hem ook aangeraden om in een artikel ruchtbaarheid te geven aan zijn 'voorgevoel' uit 1870, maar Rosenstiehl zei dat niet te zullen doen. Hij accepteerde de geste van Van 't Hoff om een en ander later recht te zetten. Dat deed hij door een ingezonden brief in de *Revue générale des sciences pures et appliquées* (Tome 5 (1894) p. 99-100), die samen werd afgedrukt met een integrale weergave van het oorspronkelijke artikel van Rosenstiehl uit 1870. Beide brieven van Rosenstiehl zijn te vinden in de JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 22 A. Horstmann, Die Theorie der Dissociation, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 170 (1873) p. 192-210, p. 205. 'Dass in verdünnten Lösungen die Disgregation eines Salzes in ähnlicher Weise von der Entfernung seiner Molecule abhängt wie bei einem permanenten Gase, eine Annahme, welche auch sonst die Wahrscheinlichkeit für sich hat.'
- 23 Brief van Lothar Meyer aan Isidor Traube, 11 maart 1884, opgenomen in de *Lebens-erinnerungen* door I. Traube, Edinburgh University Library Special Collections (GB 237 Coll-807) p. 7-9. Dit is opnieuw een voorbeeld van een jonge onderzoeker die een potentieel baanbrekende ontdekking niet publiceert, omdat een meer ervaren collega hem dat afraadt. In hoofdstuk 4 werd al verwezen naar de ontdekking van de elektronen-spin door Ralph Kronig, die door Wolfgang Pauli van publicatie werd afgehouden, waarna de Nederlandse fysici Goudsmit en Uhlenbeck er met de eer vandoor konden gaan. Van 't Hoff legde zijn ideeën over het asymmetrisch koolstofatoom juist níet voor

- aan zijn promotor, omdat hij (terecht) vreesde dat die hem publicatie zou ontraden.
- 24 John T. Edsall, Isidor Traube: Physical Chemist, Biochemist, Colloid Chemist and Controversialist, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 129 (1985) p. 371-406, p. 391-392.
 - 25 Isidor Traube, *Lebenserinnerungen*, Edinburgh University Library Special Collections (GB 237 Coll-807). 'Van 't Hoff hat in seiner Theorie der Lösungen die Lösungsprobleme thermodynamisch und experimentell wesentlich besser erörtert.'
 - 26 P. Walden, *Die Lösungstheorien in ihrer geschichtlichen Aufeinanderfolge* (Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1910).
 - 27 Isidor Traube, *Lebenserinnerungen*, p. 9-10. 'Die besten neuen Theorien entstehen ja nur zu oft in jungen Köpfen, die noch nicht von der Fülle der experimentalen Tatsachen niedergedrückt, die noch nicht von der Würde des Amtes und des eigenen Ich [...] gehemmt sind.'
 - 28 P. Walden, *Die Lösungstheorien*, p. 92. 'Scheinen zu gewissen Zeiten bestimmte Ideen "in der Luft zu liegen", doch erst der große Geist vermag sie zu einer nutzbringenden Theorie zu gestalten.'
 - 29 J.H. van 't Hoff, L'équilibre chimique dans les systèmes gazeux ou dissous à l'état dilué, *Archives Néerlandaises*, 20 (1885) p. 239-302.
 - 30 Ibidem, p. 245-246.
 - 31 Ostwald vertelt in zijn *Lebenslinien*, deel 1, p. 262, dat Pfeffer op zoek naar een verklaring voor zijn osmotische metingen tevergeefs een beroep had gedaan op Rudolf Clausius en Lothar Meyer. De eerste had zwijgend met zijn hoofd geschud en was zonder iets te zeggen weggegaan.
 - 32 J.H. van 't Hoff, L'équilibre chimique, p. 248-253. Volgens sommigen zou De Vries dit overigens al aan Van 't Hoff hebben laten weten toen ze elkaar op straat tegenkwamen en hij zijn vriend en collega wees op de osmotische druk. Ze zouden nog een eindje samen zijn opgelopen, waarbij De Vries hem zou hebben verteld net een brief van Pfeffer te hebben gekregen: 'Toen Van 't Hoff daarop verder vroeg: "Oh ja? Waar is hij mee bezig?", antwoordde De Vries "Hij zegt dat hij het effect van de temperatuur op de osmotische druk aan het bestuderen is." "En wat vindt hij?" waarop de Vries zei: "Hij schrijft dat voor elke graad temperatuurstijging de osmotische druk toeneemt met ongeveer 1/270." Voor Van 't Hoff was het natuurlijk direct duidelijk waar deze factor vandaan kwam: 273 is immers het verschil tussen de temperatuur in graden Celsius en de absolute temperatuur. Zie: George Wald, How the theory of solutions arose, *Journal of Chemical Education*, 63 (1986) p. 658-659 en George Wald, Origin of the theory of solutions, *Science*, 217 (1982) p. 1084.
 - 33 Hugo de Vries, Over de aantrekking van opgeloste stoffen tot water in verdunde oplossingen, *Processen-verbaal van de Gewone Vergaderingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, afdeling Natuurkunde*, 10 (1883-1884) p. 3-4.
 - 34 H.J. Hamburger, De invloed van scheikundige verbindingen op bloedlichaampjes in verband met hare moleculair-gewichten, *Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtse Hoogeschool*, 9 (1884) p. 26-42.
 - 35 In beide vergelijkingen is V het molair volume, het volume van een mol gas of damp.
 - 36 J.H. van 't Hoff, L'équilibre chimique, p. 278.
 - 37 Ibidem, p. 284.
 - 38 Ibidem, p. 289.
 - 39 Ibidem, p. 290.
 - 40 J.H. Jellett, Researches in Chemical Optics, *Transactions of the Irish Academy of Sciences*, 25 (1875) p. 371-450. Het artikel van Jellett zou later verschijnen in de serie

- Ostwald's *Klassiker* met commentaar van Walther Nernst: J.H. Jellett, *Chemisch-optische Untersuchungen, Ostwald's Klassiker* (Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1908).
- 41 Het verschijnt in de derde aflevering van 1885 in de *Archives Néerlandaises*, maar is opgenomen in Tome xx, dat in zijn geheel in 1886 is gedateerd.
 - 42 Brief van Van 't Hoff aan Bosscha, Noord-Hollands Archief, Archief van de Hollandse Maatschappij der Wetenschappen (NL-HlmNHA_444_165 Ingekomen stukken en afschriften uitgaande stukken).
 - 43 De hoeveelheid warmte die nodig is om een bepaalde hoeveelheid vaste stof in een vloeistof te doen overgaan.
 - 44 J.H. van 't Hoff, *Lois de l'équilibre chimique dans l'état gazeux ou dissous*, *Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, Bandet 21 (1886) p. 1-58, p. 49. 'Die Wärmequantität, welche beim Erstarren abgegeben wurde, obgleich nicht ganz die Zahl 13,2 erreichend, ist jedoch so naheliegend, dass Sie es kaum besser von einer solchen Substanz wie diesem Bromid erwarten können.'
 - 45 J.H. van 't Hoff, *Lois de l'équilibre chimique*, p. 48.
 - 46 W.P. Jorissen, iets over Van 't Hoffs aan de Zweedsche Akademie gezonden verhandelingen, *Chemisch Weekblad*, 9 (1912) p. 403-405. W.P. Jorissen, Nog iets over Van 't Hoffs aan de Zweedsche Akademie gezonden verhandelingen, *Chemisch Weekblad*, 14 (1917) p. 1150-1151.
 - 47 P.R. Sollied, Jacobus Henricus van 't Hoff 1852-1911, *Naturen. Illustrert Maanedsskrift for populær naturvidenskap* (mei 1911) p. 153-158.
 - 48 Anders Lundgren, Arrhenius om van 't Hoff och Ehrlich. Två brev från Ernst Riesenfeld, *Lychnos: Lärdomshistoriska samfundets årsbok* (1975) p. 85-100, p. 92.
 - 49 Brief van Arrhenius aan Jorissen, 4 april 1912, RMBA (Brievenarchief Arrhenius). 'Die Akademie ergab die Abhandlung an zwei Personen, von denen der eine Mulder war, um ein Gutachten darüber abzugeben. Die zwei wollten nicht verbürgen, dass die Ansichten von Van 't Hoff richtig wären, und so erhielt er das Manuskript zurück.'
 - 50 Brief van Mulder aan Jorissen, 20 april 1912, RMBA-VTH (No. 60).
 - 51 Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_36 Brievenboek van de Afdeling Natuurkunde 1882-1897 en NL-HlmNHA_64_59 Rapporten op Verhandelinge 1881-1915).
 - 52 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 29 september 1899, RMBA (a97).
 - 53 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 4 augustus 1885, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'J'ai rédigé une note que j'ai envoyée en manuscrit à M. O. Pettersson à Stockholm, par ce qu'elle s'attache à deux autres mémoires écrits que je lui envoyai en même temps; peut-être les trois ensemble peuvent-ils paraître dans quelque journal suédois; je le désire vivement par ce que le contenu est en relation intime avec des travaux suédois, de MM. Guldberg et Waage, de M. Pettersson et de vous-même.'
 - 54 Svante Arrhenius, Aus der Sturm- und Drangzeit der Lösungstheorien, *Chemisch Weekblad*, 10 (1913) p. 584-599, p. 591. 'Denn sie vermuteten, dass die Abhandlung von irgendeiner anderen Akademie refusiert worden war und selber verstanden sie so gut wie nichts davon. Glücklicherweise fragten sie mich und vermutlich auch Prof. Pettersson über die wissenschaftliche Stellung van 't Hoff's [...] und wir bedeuteten den Herren Referenten, dass es eine ausserordentliche Ehre für die Akademie war, eine grössere Arbeit von van 't Hoff veröffentlichen zu dürfen.'
 - 55 Elisabeth Crawford, *Arrhenius. From Ionic Theory to the Greenhouse Effect* (Science History Publications/USA, 1996) p. 72.
 - 56 Svante Arrhenius, Aus der Sturm- und Drangzeit, p. 591.

- 57 J.M. van Bemmelen, Verslag van een bijeenkomst (december 1884), RMBA (a4).
- 58 J.M. van Bemmelen, Aanbeveling van den Heer prof. H.J. [sic] van 't Hoff, 28 februari 1885, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_560_90-95).
- 59 Notulen van de Buitengewone Vergadering van de Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde 24 april 1885, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_8_198).
- 60 Van 't Hoff deelde de Akademie op 10 maart 1896 per brief mee dat hij 'als Hoogleraar bij de Universiteit te Berlijn, zijne woonplaats binnen kort naar die stad hare omstreken verleggen zal', en werd per 28 maart als 'correspondeerend lid' ingeschreven. Notulen van de Buitengewone Vergadering van de Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde 26 maart 1896, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_10_119).
- 61 F.H. van Lunteren, Wetenschap voor het Vaderland. J.D. van der Waals en de Afdeling Natuurkunde, in: *De Akademie en de Tweede Gouden Eeuw* (onder redactie van K. van Berkel, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 2004) p. 43-106.
- 62 Brief van Van 't Hoff aan Van Bemmelen, 4 november 1886, RMBA (a99).
- 63 J.H. van 't Hoff, Over de vorming van astrakaniet uit een mengsel van natrium- en magnesiumsulfaat, *Verslagen en Mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeeling Natuurkunde Derde reeks, derde deel* (1887) p. 125.
- 64 J.H. van 't Hoff, De oxydatie van phosphor en zwavel in verdunde zuurstof naar de proeven van Thos. Ewan, *Verslagen en Mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeeling Natuurkunde* (1894) p. 10. J.H. van 't Hoff, Über die Menge und die Natur des sogen. Ozons, das sich bei langsamer Oxydation des Phosphors bildet, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 16 (1895) p. 411-416.
- 65 A.A.W. Hubrecht, C.K. Hoffmann, G. van Diesen, N.Th. Michaëlis, J.H. van 't Hoff en P.P.C. Hoek, Mededeeling van de Limnoria commissie, *Verslagen en Mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeeling Natuurkunde Derde reeks, Tweede deel* (Johannes Müller, Amsterdam, 1886) p. 205-209.
- 66 Gewone vergadering der Afdeeling Natuurkunde, *Verslagen der zittingen van de wis- en natuurkundige afdeeling der Koninklijke Akademie van Wetenschappen* (Johannes Müller, Amsterdam, 1893) p. 1-5.
- 67 Klaas van Berkel, *De stem van de wetenschap. Geschiedenis van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Deel 1: 1808-1914* (Bert Bakker, Amsterdam, 2008) p. 496.
- 68 J.H. van 't Hoff, Ueber das Eintreten der kritischen Erscheinungen bei chemischer Zersetzung, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 18 (1885) p. 2088-2090.
- 69 J.H. van 't Hoff en Ch.M. van Deventer, Ueber die Umwandlungstemperatur bei chemischer Zersetzung, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 19 (1886) p. 2142-2153. J.H. van 't Hoff en Ch.M. van Deventer, Die Umwandlungstemperatur bei chemischer Zersetzung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 165-185. Twee jaar later publiceerde Van 't Hoff ook nog samen met Reicher een artikel over de overgangstemperatuur. Zie: J.H. van 't Hoff en L.Th. Reicher, Die Umwandlungstemperatur bei der doppelten Zersetzung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 3 (1889) p. 482-487.
- 70 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 258-259. 'Betreffs des Astrakanits weitere Andeutungen nicht machen zu können, da ich dadurch Zweige unserer Fabrikationsmethoden berühren müßte, deren Veröffentlichung mir nicht opportun erscheint.'
- 71 J.H. van 't Hoff, Sur la transformation du soufre, *Comptes Rendus*, 100 (1885) p. 1539-1540.
- 72 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 4 augustus 1885, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.

- 73 Alle volgende, meer dan honderd brieven, verspreid over een periode van 1885 tot 1910 waren in het Duits. De brieven van Arrhenius bevinden zich deels in het RMBA en deels in het JHUA. Alle brieven van Van 't Hoff bevinden zich in het Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen in Stockholm.
- 74 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 30 maart 1887, RMBA-VTH (No. 31).
- 75 Elisabeth Crawford, *Arrhenius*, p. 64-65.
- 76 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 19 december 1886, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 26-27.
- 77 Ibidem, p. 27. 'Er hat eine wohl allzu große Vorliebe für feine abgerundete Ziffern.'
- 78 Svante Arrhenius, Über das Leitungsvermögen der phosphorescirender Luft, *Bihang till Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 13, part 1, no. 7 (1888) en *Annalen der Physik*, 268 (1887) p. 545-572.
- 79 Een Habilitationsschrift is een tweede proefschrift dat in die tijd in Duitsland vereist was voor hen die een hoogleraarspositie ambieerden.
- 80 Svante Arrhenius, Aus der Sturm- und Drangzeit, p. 593. 'Ich verschluckte sie mit einem Mal am selben Abend, nachdem ich die Tagesarbeit im Institut geschlossen hatte.'
- 81 Anders Lundgren, Arrhenius om van 't Hoff och Ehrlich, p. 92. 'Hätte mir damals Eklund die van 't Hoff'sche Arbeit zu lesen gegeben, [...] so wäre ich viel schneller zur Klarheit gekommen. So aber erzählten sie mir nur wenig davon u. ich habe sie erst viel später gelesen, da sich der Druck sehr verzögerte.'
- 82 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 3 maart 1887, in: Hans-Günther Körber *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 31. 'Die Elegance der Beziehungen ist wirklich geradezu erstaunend.'
- 83 Walther Nernst, Zum 50. Geburtstage der elektrolytischen Dissoziationstheorie von Arrhenius, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 43 (1937) p. 146-148.
- 84 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 30 maart 1887, RMBA-VTH (No. 31). 'Die Verhandlung hat mir nämlich in unerhörtem Grade Klarheit geschafft über die Konstitution der Lösungen.'
- 85 Ibidem. 'Wenn z. B. Chlornatrium sich normal verhalten würde, d. h. aus einfachen Molekülen bestehen würde, so würde sein Koeffizient $i = 1$ sein. Da i aber viel größer ist, so ist der natürliche Ausweg dies zu erklären, zu sagen, daß NaCl teilweise dissoziiert ist, ganz so wie man sagt, daß bei höherer Temperatur I_2 dissoziiert ist.'
- 86 Robert Scott Bernstein, Svante Arrhenius and ionic dissociation: A revaluation, in: *Proceedings of the Symposium on Selected Topics in the History of Electrochemistry* (Eds. George Dubpernell and J.H. Westbrook, The Electrochemical Society, Princeton, 1978) p. 201-212, p. 202-203.
- 87 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 30 maart 1887, RMBA-VTH (No. 31). 'Was ich in meiner Arbeit "Sur la conductibilité" aktive Molekel genannt habe, ist also dasselbe wie dissoziierte Moleküle. [...] Nach aller Wahrscheinlichkeit sind alle Elektrolyte in äußerster Verdünnung vollkommen dissoziiert.'
- 88 Ibidem. 'Jetzt würde man wohl diese Annahme für sehr gewagt halten.'
- 89 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 7 april 1887, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 90 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 13 april 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 1). 'Wann ich meine Abhandlung über das Leitungsvermögen schrieb, fand ich es am klügsten, nicht allzu viel diese Konsequenz (die vollständige Spaltung) zu prononcieren, denn ich war und bin noch ganz überzeugt, dass die meisten (wenn nicht alle) daraus gleich

- den Schluss gezogen haben würden: der Schluss ist grundfalsch, also sind auch die Prämissen falsch, und das Ganze hat keinen Wert.'
- 91 Zie ook: Emil Fischer, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhandlungen der Königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1911) p. 1-16, p. 10.
 - 92 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 13 april 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 1). 'Auch Ostwald hat sich einmal sehr scharf gegen Dissoziation von Salzen in Lösungen ausgesprochen.'
 - 93 Svante Arrhenius, Electrolytic dissociation, *Journal of the American Chemical Society*, 34 (1912) p. 353-364, p. 361. 'He did not understand me – I must have written a little rapidly.'
 - 94 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Zweiter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927) p. 27-28. 'Ich selbst zweifelte keinen Augenblick. Mir war die Grundidee schon aus früheren privaten Mitteilungen geläufig gewesen; sie traf mit eigenen Gedankengängen zusammen, die ich schon ein Jahrzehnt früher begonnen, aber nicht zu Ende geführt hatte. In meiner Magisterdissertation von 1877 lautet die dritte der beigefügten Thesen: Das Wasser zersetzt alle Salze.'
 - 95 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 17 april 1887, RMBA-VTH (No. 31).
 - 96 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 24 april 1887, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Zur Vervollständigung Ihrer Literaturkenntnisse sende ich hierbei die Abhandlungen von De Vries und Donders.'
 - 97 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 12 juli 1887, RMBA-VTH (No. 31).
 - 98 Brief van Arrhenius aan Oliver Lodge, in: *Sixth circular of the committee on Electrolysis of the British Association of the Advancement of Science*, mei 1887, p. 20-24, p. 20.
 - 99 Ibidem, p. 24.
 - 100 Svante Arrhenius, Försök att beräkna dissociationen (aktivitetskoefficienten) hos i vatten lösta kroppar, *Öfversigt öfver Kunglige Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar*, 6 (1887) p. 405-415.
 - 101 Svante Arrhenius, Electrolytic dissociation, p. 353-364. Svante Arrhenius, Aus der Sturm- und Drangzeit, p. 584-599.
 - 102 Robert Scott Bernstein, Svante Arrhenius and ionic dissociation, p. 206-208.
 - 103 J.W. Gibbs, On the equilibrium of heterogeneous substances, *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 3 (1874-1878) p. 108-248 en p. 343-524.
 - 104 Max Planck, Ueber das Princip der Vermehrung der Entropie. Erste Abhandlung, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 30 (1887) p. 562-582. Max Planck, Ueber das Princip der Vermehrung der Entropie. Zweite Abhandlung, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 31 (1887) p. 189-203.
 - 105 Max Planck, Ueber das Princip der Vermehrung der Entropie. Dritte Abhandlung, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 32 (1887) p. 462-503, p. 501. 'Die Molecule des Salzes in der Lösung nicht diejenigen sind, die man gemeinlich als solche betrachtet, sondern dass das Salz in der Lösung eine chemische Veränderung erfahren hat.'
 - 106 Ibidem, p. 502. 'Eine grössere Molecülzahl als die gewöhnlich angenommene, d. h. eine theilweise oder vollkommene chemische Zersetzung der Stoffe in der Lösung.'
 - 107 Robert Scott Root-Bernstein, *The Ionists: founding physical chemistry 1872-1890* (Dissertation Princeton University, 1980) p. 471.
 - 108 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 12 juli 1887, RMBA-VTH (No. 31). 'Bei einem neu-lich stattgefundenen Gespräch mit Ostwald, der sich hier auf der Durchreise ein paar Tage aufhielt, hatte ich die Freude, zu hören, daß er mit der gegebenen Erklärung der variablen i-Werte ganz einverstanden ist, was ich nicht aus seinen früheren privaten Äußerungen vermutet hatte.'

- 109 J.H. van 't Hoff, Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 481-508.
- 110 Ibidem, 'Deren Spaltung in gewöhnlicher Weise nur schwer anzunehmen ist.'
- 111 Svante Arrhenius, Försök att beräkna dissociationen, p. 405-415.
- 112 Max Planck, Über die molekulare Konstitution verdünnter Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 577-582.
- 113 Svante Arrhenius, Über die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 631-648.
- 114 Max Planck, Über die molekulare Konstitution verdünnter Lösungen, p. 578.
'Übrigens ersehe ich aus dem 9. Heft dieser Zeitschr., das mir kurz nach der Absendung dieser Arbeit zugeht, dass van 't Hoff, von anderen Betrachtungen ausgehend, einen ganz ähnlichen Satz entwickelt hat (p. 491) und auch zu ähnlichen Schlussfolgerungen hinneigt (p. 501).'
- 115 Max Planck, Das chemische Gleichgewicht in verdünnten Lösungen, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 34 (1888) p. 139-154. 'Wohl noch nicht den Rang eines vollgültigen Beweises beanspruchen durfte.'
- 116 Max Planck, Allgemeines zur neueren Entwicklung der Wärmetheorie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 8 (1891) p. 647-656, p. 654.
- 117 Svante Arrhenius, Gültigkeit des Beweises von Herrn Planck für das van 't Hoff-sche Gesetz, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 9 (1892) p. 330-334.
- 118 Planck zou in zijn autobiografie nog terugkomen op dit 'vervelende conflict', waarin Arrhenius 'op tamelijk onvriendelijke wijze de betrouwbaarheid van zijn theorie bestreed'. Zie: Max Planck, *Vorträge Reden Erinnerungen. Wissenschaftliche Selbstbiographie* (Herausgegeben von Hans Roos und Armin Hermann, Springer Verlag, Berlin, 2001) p. 59.
- 119 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 3 februari 1888, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Theil*, p. 214. 'Auf den Kopf zu stellen [...]; Gott sei unseren Seelen gnädig.'
- 120 In een brief van Arrhenius aan Jenny van 't Hoff van 10 mei 1904 (RMBA-VTH (No. 31)) schrijft deze: 'Er lijkt een net zo bewogen periode aan te breken als aan het einde van de jaren tachtig, toen het wilde leger der Ioniërs de chemische wereld met schrik vervulde.' 'Es scheint eine ebenso bewegte Zeit einzubrechen wie Ende der 80-er Jahre, als das wilde Heer der Ionier die chemische Welt mit Schrecken erfüllte.'

9 Niet naar Leipzig

- 1 Brief van rector magnificus Place aan Van 't Hoff, 12 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 2 B.J. Stokvis, *Handelingen van het Eerste Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Amsterdam op 30 september en 1 oktober 1887* (Bohn, Haarlem, 1888) p. 27.
- 3 F.H. van Lunteren, Wetenschap voor het vaderland. J.D. van der Waals en de Afdeling Natuurkunde, in: *De Akademie en de Tweede Gouden Eeuw* (onder redactie van K. van Berkel, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 2004) p. 43-106, p. 76. Over het toenemend nationalisme in wetenschappelijke kringen aan het einde van de negentiende eeuw, zie: R.P.W. Visser, Het 'Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres' over de relatie natuurwetenschap en samenleving, 1887-1900, in: *De productie, distributie en consumptie van cultuur* (J.J. Kloek en W.W. Mijnhardt ed., Amsterdam, 1991) p. 45. Klaas van Berkel, *Citaten uit het boek der natuur. Opstellen over Nederlandse wetenschapsgeschiedenis* (Bert Bakker, Amsterdam, 1998) p. 221-239.

- 4 B.J. Stokvis, *Handelingen van het Eerste Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres*, p. 29.
- 5 Jānis Stradiņš, Wilhelm Ostwalds Rigaer Jahre und die Entstehung der klassischen physikalischen Chemie, *Acta medico-historica Rigensia*, III (1997) p. 55-70.
- 6 K. Hansel und A. Vatterott, Dokumente und Briefe zur Neubesetzung der Professur für physikalische Chemie an der Universität Leipzig und Berufung Wilhelm Ostwalds, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.*, 1 (1996) p. 32-52, p. 35.
- 7 K. Hansel und A. Vatterott, Dokumente und Briefe zur Neubesetzung der Professur, p. 37-38.
- 8 Brief van Ostwald aan Wundt, 4 april 1887, Universitätsarchiv Leipzig; Nachlass Wilhelm Wundt.
- 9 K. Hansel und A. Vatterott, Dokumente und Briefe zur Neubesetzung der Professur, p. 38.
- 10 Brief van Ostwald aan Wundt, 16 april 1887, Universitätsarchiv Leipzig; Nachlass Wilhelm Wundt. 'Eine unberechtigte und unverdiente Herabsetzung dieser Disciplin, den ich meine Kräfte mit dem lebendigen Bewusstsein ihrer Bedeutung gewidmet habe.' 'Wenn man mich nicht haben will, nehme man van 't Hoff in Amsterdam, der mir in vielen Beziehungen überlegen ist, aber man vertreibe nicht die physikalische Chemie von der einzigen Heimstatt, die sie in Deutschland hat.'
- 11 K. Hansel und H. Vatterott, Dokumente und Briefe zur Neubesetzung der Professur, p. 42. 'Einen gewissen Mangel an Gründlichkeit und Vorsicht bei Ableitung allgemeiner Gesichtspunkte aus beobachteten Thatsachen.'
- 12 F.H. van Lunteren, Wetenschap voor het vaderland, p. 50. W.P. Jorissen, Jacobus Henricus van 't Hoff en de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, *Chemisch Weekblad*, 44 (1948) p. 474-477.
- 13 K. Hansel und H. Vatterott, Dokumente und Briefe zur Neubesetzung der Professur, p. 43.
- 14 Brief van Wislicenus aan Van 't Hoff, 6 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 15 Concept van een brief van Van 't Hoff aan burgemeester Van Tienhoven, rond 15-17 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 16 Jost Weyer, Die Aufnahme der Van 't Hoff'schen Hypothese vom asymmetrischen Kohlenstoffatom (1874) in Deutschland, in: *Medizin, Naturwissenschaft, Technik und das Zweite Kaiserreich. Vorträge eines Kongresses vom 6. bis 11. Sept. 1974 in Bad Nauheim* (G. Mann und R. Winau, Göttingen, 1977) p. 311-320.
- 17 Brief van vader Van 't Hoff aan Jenny, 12 juni 1887, VTH-HA. Een 'berline' is een reis-koets en 'lofwerk' zijn versieringen in de vorm van bladeren.
- 18 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 10 juni 1887, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil* (Akademie Verlag, Berlin, 1969) p. 208. 'Gestern erhielt ich noch einen Ruf nach Leipzig, ist das nicht schön? Doch mein Vaterland, mein kleines Vaterland.'
- 19 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 13 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 20 Brief van Wislicenus aan Van 't Hoff, 11 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4). 'Ich setze deshalb voraus, daß Ihre Bedenken geringer sein werden, als Ihre berechtigten Erwartungen.'
- 21 E.J.A. Zevenhuizen, *Vast in het spoor van Darwin. Biografie van Hugo de Vries* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 2008) p. 131-133.
- 22 Brief van Bellaar Spruyt aan Van 't Hoff, 11 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 23 Brief van Place aan Van 't Hoff, 12 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 24 Anoniem artikel in *De Amsterdammer* van 20 juni 1887, zeer waarschijnlijk van de hand van Ch.M. van Deventer.
- 25 Concept van een brief van Van 't Hoff aan burgemeester Van Tienhoven, rond 15-17

- juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4). Van 't Hoff noemt hier een lager bedrag dan de '17.000 Mark Einnahme' van Wiedemann, volgens Wislicenus in zijn brief van 6 juni 1887 (noot 14). In deze tijd waren de Duitse mark en de Nederlandse gulden ongeveer evenveel waard.
- 26 Concept van een brief van Van 't Hoff aan burgemeester Van Tienhoven, rond 15-17 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
 - 27 Concept van een brief van Van 't Hoff aan burgemeester Van Tienhoven, 18 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
 - 28 Afschrift (door Van 't Hoff gemaakt) van een brief van F.C. Donders aan Th. Place, 10 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
 - 29 Brief van Gunning aan Van 't Hoff, 19 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
 - 30 Petitie aan de gemeenteraad, 20 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
 - 31 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 29 juni 1887, in: Hans-Günther Körber *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 209. 'Das waren also Fragen mit der Pistole auf die Brust.'
 - 32 Notulen van de Besloten Gemeenteraadsvergadering van 22 juni 1887, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Gemeenteraad (5079_276_107-119).
 - 33 Telegram van burgemeester Van Tienhoven aan Van 't Hoff in Leipzig, 22 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
 - 34 *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1887* (J. Clausen, Amsterdam) p. CLXX-CLXXI.
 - 35 Notulen van de Besloten Gemeenteraadsvergadering van 23 juni 1887, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Gemeenteraad (5079_276_119-134).
 - 36 Telegram van burgemeester Van Tienhoven aan Van 't Hoff in Leipzig, 23 juni 1887, RMBA-VTH (No. 6).
 - 37 Brief van vader Van 't Hoff aan Jenny, 28 juni 1887, VTH-HA.
 - 38 Brief van Jenny van 't Hoff aan Van 't Hoff, 25 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4). 'Bei den Physikern nicht durchzubringen.'
 - 39 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Erster Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1926) p. 268. 'Es ist als ob Sie einen Unteroffizier fragen, ob er General werden will. Ja.'
 - 40 Jānis Stradiņš, Wilhelm Ostwalds Rīgas Jāre, p. 67. 'Nelly, Berufung ist erfolgt. Hurrah! Wilhelm.'
 - 41 Brief van Ostwald aan J.H. van 't Hoff, 6 augustus 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
 - 42 Brief van Ostwald aan J.H. van 't Hoff, 11 augustus 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4). K. Hansel und I. Brückner, Der Briefwechsel Ostwald – van 't Hoff im Jahr 1887, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.*, 2 (1997) p. 36-57.
 - 43 *Algemeen Handelsblad*, 7 juli 1887.
 - 44 *Algemeen Handelsblad*, 10 oktober 1887.
 - 45 Briefkaart van Van 't Hoff aan de botanicus en latere hoogleraar in Groningen Jan Willem Moll, 28 juni 1887, Universiteitsbibliotheek Groningen.
 - 46 Notulen van de vergadering van het College van Curatoren, 7 november 1887, Stadsarchief Amsterdam, Archief College van Curatoren (279_2_443-445).
 - 47 Brief van Van 't Hoff aan Jenny van 't Hoff, 23 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
 - 48 Brief van Conrat aan Gunning, 24 oktober 1887, origineel in de JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
 - 49 Toen nog als Max Cohn; hij bekeerde zich in 1882 tot het Evangelische Kerk en nam de naam Max Conrat aan.
 - 50 Notulen van de Senaatsvergadering, 24 oktober 1887, Stadsarchief Amsterdam, Archief Rector en Assessoren (281_1 p. 186).

- 51 Afschrift van een brief van Gunning aan Conrat, 25 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 52 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 25 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4). In de notulen van de betreffende vergadering wordt op geen enkele wijze aan deze discussie gememoreerd.
- 53 Afschrift van een brief van Gunning aan Conrat, 26 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 54 Van 't Hoff had de gewoonte de meeste brieven aan het eind van het jaar weg te gooien, maar bewaarde wel de voor hem belangrijke of eervolle brieven in speciale plakboeken: vanuit Leipzig laat hij op 27 oktober 1887 (noot 56) Jenny per telegram weten dat de brief van Wislicenus zich in het tweede plakboek bevindt.
- 55 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 25 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 56 Telegram van Van 't Hoff aan Jenny, 27 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 57 Brief van Gunning aan Van 't Hoff, 25 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 58 Ibidem.
- 59 Brief van Leuckart aan Van 't Hoff, 27 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 60 Brief van Conrat aan Van 't Hoff, 28 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 61 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 28 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 62 Van 't Hoff refereert hier aan zijn poging in 1876 om als opvolger van Van Kerckhoff benoemd te worden tot hoogleraar in Utrecht. Toen die positie niet aan hem, maar aan H.C. Dibbits was toegewezen, zou de Utrechtse hoogleraar Oogheelkunde F.C. Donders hem dit hebben gezegd ter verklaring van zijn verlies. Dit heeft Van 't Hoff blijkbaar zeer geraakt en de episode over het niet krijgen van de Utrechtse leerstoel komt in tal van brieven terug. Nu juist vanuit Utrecht geruchten over hem lijken te zijn verspreid, komt die frustratie blijkbaar weer boven.
- 63 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 28 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 64 Afschrift van een brief van A.C. Oudemans jr. aan C.A.J.A. Oudemans, 26 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 65 Brief van Van de Sande Bakhuyzen aan Van 't Hoff, 13 november 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4). 'Het gerucht groeit al voortgaande.'
- 66 Brief van Van 't Hoff aan Van Bemmelen, 11 november 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 67 Brief van Van de Sande Bakhuyzen aan Van 't Hoff, 13 november 1887; Brief van A.C. Oudemans jr. aan Van 't Hoff, 15 november 1887; Brief van Hoogewerff aan Van 't Hoff, 17 november 1887; Brief van Van Dorp aan Van 't Hoff, 13 januari 1888, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 68 Ernst Cohen, Van Kasteleijn tot Jorissen, *Chemisch Weekblad*, 36 (1939) p. 846-855.
- 69 Brief van Van 't Hoff aan Van Bemmelen, 11 november 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 70 Ch.M. van Deventer, Nederlandsche scheikunde, *De Nieuwe Gids*, 2 (1887) p. 144-147.
- 71 Briefconcepten van Van Bemmelen aan Van 't Hoff, 19 en 21 november 1887, RMBA (a99). Vertaling: 'Beneden zijn waardigheid'.
- 72 Brief van Van Bemmelen aan Van 't Hoff, november 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 73 Brief van Van 't Hoff aan het bestuur van de Amsterdamsche Studentensenaat Illustrissimus Senatus Studiosorum Amstelodamensium, 12 mei 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief van het Amsterdams Studenten Corps (1215_118).
- 74 W.P. Jorissen, Jacobus Henricus van 't Hoff en de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, p. 474-477.
- 75 Ernst Homburg, Keeping the Ranks Closed: The Dutch Chemical Society, 1903-1914, in: *Creating Networks in Chemistry: The Founding and Early History of Chemical*

Societies in Europe (Edited by Anita Kildebæk Nielsen and Soňa Štrbáňová, The Royal Society of Chemistry, 2008) p. 186-222.

- 76 Geert Somsen, A History of Universalism: Conceptions of the Internationality of Science from the Enlightenment to the Cold War, *Minerva*, 46 (2008) p. 361-379. Paul Forman, Scientific Internationalism and the Weimar Physicists: The Ideology and Its Manipulation in Germany after World War I, *Isis*, 64 (1973) p. 150-180.
- 77 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 323-357.
- 78 Of deze daadwerkelijk heeft plaatsgevonden is niet duidelijk.
- 79 *De Tijd*, 14 november 1887.
- 80 Ingekomen stukken 1886-1887 (#56) in de Archieven van de Senaat van de Universiteit, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Senaat (283_9_56).
- 81 Gunning en Moltzer.

10 Thuis in Amsterdam

- 1 J.H. van 't Hoff, Lodewijk Theodorus Reicher 25 jaar doctor, *Chemisch Weekblad*, 5 (1908) p. 517-521, p. 517.
- 2 Brief van Donders aan Van 't Hoff, 4 november 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 3 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 4 november 1887, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 212. 'Es ist der lebenswürdigste Person der außerhalb Wislicenus existiert, und ich möchte so gern viel sagen das ihm auf seinem Feste Freude bringt.'
- 4 C.H.D. Buys Ballot, *Schets eener physiologie van het onbewerkte rijk der natuur* (Kemink en Zoon, Utrecht, 1849) p. 1.
- 5 H.A.M. Snelders, Het materiebegrip bij Buys Ballot, *Scientiarium Historia*, 10 (1968) p. 154-172, p. 168.
- 6 'Geen scherpe grenslijnen tusschen den toestand als vast lichaam, vloeistof of gas. In alle gevallen is de stof in een evenwicht, bij verschillende moleculafstand, door dezelfde wet beheerscht.'
- 7 'Bij dezelfde temperatuur bestaat noodzakelijk verschil in snelheid.'
- 8 'Uit de beweging der deeltjes verklaart gij de verdamping.'
- 9 C.H.D. Buys Ballot, *Schets eener physiologie*, p. 35.
- 10 Brief van Buys Ballot aan Van 't Hoff, 20 november 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 11 W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *J.H. van 't Hoff's Amsterdamer Periode 1877-1895* (C. de Boer jr., Helder, 1912) p. 46. 'Hij heeft de natuurkunde met de chemie verbonden. Zijn leerlingen aan hun leermeester, 20 december 1889.'
- 12 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 28 januari 1889, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 13 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Zweiter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927) p. 111. 'Was nicht organische Chemie war, wurde überhaupt nicht als Chemie anerkannt.'
- 14 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 28 augustus 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 15 Ibidem.
- 16 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 29 augustus 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 17 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 3 september 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 18 Govert was in zijn jeugd wat school- en studieprestaties betreft steeds de meerdere geweest van Van 't Hoff, maar had na het voltooiën van zijn studie werktuigkunde aan de Polytechnische School in Delft erg veel moeite om aan een baan te komen.

Bedrijven waar hij werkzaam was gingen failliet, hij legde een aanbod van Buys Ballot om diens assistent te worden naast zich neer, en was vanaf 1885 in Parijs verbonden aan het (ingenieurs)bureau Veritas. Vanaf zijn studiejaren werd hij gekweld door depressies en was hij geestelijk instabiel. Uiteindelijk werd hij vanwege 'geheel gestoorde geestvermogens' opgenomen in de inrichting Meer en Berg bij Bloemendaal. Het was Van 't Hoff die hem daar in juli 1891 naartoe bracht. Govert Jacob Mees zou er drie jaar later overlijden. Zie: A. Huet, Govert Jacob Mees. In Memoriam, *De Ingenieur*, 19 januari 1895, 10 (1895) p. 25-26.

- 19 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 31 augustus 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 20 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 3 september 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 21 J.H. van 't Hoff, Lodewijk Theodorus Reicher 25 jaar doctor, p. 519.
- 22 Ch.M. van Deventer was op 13 december 1884 bij Gunning gepromoveerd op een historisch onderwerp 'Schetsen uit de geschiedenis van de scheikunde', maar besloot na een jaar als leraar aan de hbs in Goes terug te keren naar Amsterdam om daar samen met Van 't Hoff onderzoek te doen. Zie: J.H. van 't Hoff en anderen, Charles Marius van Deventer 25 jaar doctor, *Chemisch Weekblad*, 6 (1909) p. 1005-1014.
- 23 Brief van Van 't Hoff aan Van Deventer, 10 augustus 1887, Archief Letterkundig Museum, Den Haag (LM: D 00393B).
- 24 Brief van B&W van Amsterdam aan Molengraaff, 19 april 1888, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1140).
- 25 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 305.
- 26 Deze zoon van architect Willem Springer (1815-1907) en broer van architect Johannes Ludovicus Springer (1850-1915) was samen met zijn broer later ook verantwoordelijk voor het ontwerp van de Stadsschouwburg te Amsterdam.
- 27 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 30 december 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 28 Brief van de wethouder van Publieke Werken aan wethouder van Onderwijs, 19 oktober 1888, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1141).
- 29 Brief van Van 't Hoff aan B&W van Amsterdam, 12 februari 1889, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1142).
- 30 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 131.
- 31 Brief van Van 't Hoff aan B&W van Amsterdam, 15 juli 1891, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1152).
- 32 *Het Nieuws van den Dag*, 9 oktober 1891.
- 33 J.H. van 't Hoff, Lodewijk Theodorus Reicher 25 jaar doctor, p. 520.
- 34 *Amsterdamsche Studenten-almanak 1893* (J. Clausen, Amsterdam) p. 111-112.
- 35 Brief van Van 't Hoff en Gunning aan B&W van Amsterdam, 5 oktober 1891, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1153).
- 36 Rede van professor Gunning bij de opening van het nieuw laboratorium, *Propria Cures*, III, 2 (30 september 1891) p. 19-21.
- 37 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 27 oktober 1894, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. Rosenthal was de oom van Ernst Cohen, Van 't Hoff's latere biograaf, die vanaf 1888 bij Van 't Hoff had gewerkt, eerst als student en later als promovendus, en die een innige vriendschap met zijn leermeester zou ontwikkelen.
- 38 Brief van George Rosenthal aan Van 't Hoff, 25 mei 1891, RMBA-VTH (No. 6).
- 39 Missive Molengraaff aan B&W van Amsterdam, 15 mei 1896. Stadsarchief Amsterdam,

- No. 273, zoals geciteerd in: Frederik R. van Veen, *Gustaaf Molengraaff (1860-1942). Een avontuurlijk geleerde* (Delft University Press, Delft, 2004) p. 30.
- 40 Frederik R. van Veen, *Gustaaf Molengraaff (1860-1942)*, p. 31.
 - 41 Brief van Van 't Hoff aan B&W van Amsterdam, 9 oktober 1892, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1157).
 - 42 Brief van de wethouder van Publieke Werken aan de wethouder van Onderwijs, 5 november 1892, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1157).
 - 43 Peter Jan Knechtmans, *Professoren van de stad. Het Athenaeum Illustre en de Universiteit van Amsterdam, 1632-1960* (Amsterdam University Press, Amsterdam, 2007) p. 278.
 - 44 Ibidem, p. 278-279.
 - 45 Ibidem, p. 279-280.
 - 46 Brief van P.C. Plugge aan Van 't Hoff, 20 april 1893, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
 - 47 Brief van Van 't Hoff aan burgemeester Vening Meinesz, 29 april 1893, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1159).
 - 48 Jelgersma zou later de naar hem genoemde psychiatrische kliniek stichten in Oegstgeest.
 - 49 Alida Jacoba Hugenholtz (1887-1971).
 - 50 J.H. van 't Hoff sr., *Ter herinnering. Brieven aan zijne dochter Hendrika* (P.M. Bazedijk, Rotterdam, 1893), VTH-HA.
 - 51 Brief van Archibald Geikie aan Van 't Hoff, 3 november 1893, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). 'In recognition of the introduction of the theory of asymmetric carbon, and its use in explaining the constitution of optically active carbon compounds.'
 - 52 Louis Olivier, La médaille Davy et la loi des rotations, *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées*, 4 (1893) p. 717.
 - 53 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 316.
 - 54 Brief van Ferdinand Tiemann aan Van 't Hoff, 17 augustus 1893, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). 'Über die Ergebnisse Ihrer Forschungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie.'
 - 55 J.H. van 't Hoff, Wie die Theorie der Lösungen entstand, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 27 (1894) p. 6-19, p. 6.
 - 56 Dit onderzoek, dat Van 't Hoff in Amsterdam was begonnen met Van Deventer en Reicher, gesteund door een student van Ostwald, Wilhelm Meyerhoffer, zou hij na zijn komst in Berlijn voortzetten ten behoeve van de Duitse zoutindustrie.
 - 57 J.H. van 't Hoff, Wie die Theorie der Lösungen entstand, p. 6. 'Habe jedoch ausdrücklich versprochen, jeden polemischen Anflug zu vermeiden.'
 - 58 J.H. van 't Hoff, De physiologische beteekenis der jongste stroomingen op natuur- en scheikundig gebied, *Handelingen van het Derde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres (gehouden te Utrecht op den 3den en 4den April 1891)* (J. van Boekhoven, Utrecht, 1891) p. 26-36.
 - 59 J.J.A. Wijs promoveerde op 25 november 1893 aan de Universiteit van Amsterdam. Zijn metingen werden ook gepubliceerd, zie: J.J.A. Wijs, Die Dissociation des Wassers, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 11 (1893) p. 492-494 en Die Dissociation des Wassers (Zweite Mitteilung), *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 12 (1893) p. 514-523.
 - 60 L.Th. Reicher, Über die Geschwindigkeit der Verseifung, *Liebigs Annalen*, 238 (1887) p. 276-286.
 - 61 J.W. Rodger, The electric conductivity of pure water, *Nature*, 51 (1894) p. 42-43.
 - 62 Emil Fischer, *Aus meinem Leben* (Verlag von Julius Springer, Berlin, 1922) p. 178. 'In besonderer Erinnerung sind mir geblieben die Vorträge von Van 't Hoff über die neue Theorie der Lösungen und von W. Ramsay über die Edelgase. Van 't Hoff kam bei der

- Gelegenheit zum ersten Mal nach Berlin, und ich habe bei dem kleinen Festmahl, das nach der Sitzung ihm zu Ehren veranstaltet wurde, anknüpfend an seinen Name "vom Hofe" ihn als einen König der Wissenschaft gefeiert. Der Eindruck der er damals bei uns hinterließ, war nicht ganz ohne Einfluß auf seine spätere Berufung nach Berlin.'
- 63 Brief van W. Sklarek aan Van 't Hoff, 6 februari 1894, RMBA-VTH (No. 8). 'Dem Verständnis der Fachmänner angepasst.'
- 64 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 13 december 1893, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Grausamer Angriff' De brief van Arrhenius aan Van 't Hoff is helaas verloren gegaan. Waarschijnlijk is deze door Wijs niet aan Van 't Hoff teruggegeven. In zijn antwoord aan Arrhenius gaat Wijs punt voor punt diens bezwaren af, waarbij hij verwijst naar specifieke pagina's uit zijn proefschrift waar Arrhenius blijkbaar problemen mee had. Hieruit volgt dat Arrhenius het proefschrift van Wijs in het Nederlands (!) moet hebben gelezen.
- 65 J.J.A. Wijs, *De elektrolytische dissociatie van water* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 25 november 1893) p. 8, p. 59 en p. 70.
- 66 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 13 december 1893, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 67 Brief van Wijs aan Arrhenius, december 1893, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 68 Brief van Wijs aan Arrhenius, 13 januari 1894, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 69 J.J.A. Wijs, Referat über 'Die elektrolytische Dissociation des Wassers', *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 14 (1894) p. 189-190.
- 70 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 28 oktober 1890, RMBA-VTH (No. 31). 'Die ersten Symptome von einer Änderung in dieser Beziehung sind erst ins Tageslicht getreten aber einen eigentlichen Boden haben die neuen Ansichten noch nicht gewonnen, dazu ist die Erde zu viel von Berthelot'schen Bakterien (B. Thermo) durchgezogen.'
- 71 J.H. van 't Hoff, La force osmotique, *Revue Scientifique*, 19 (1894) p. 577-584, p. 583. 'Je sais que votre opinion est peu favorable sous ce rapport. [...] je sais que les opinions d'Arrhenius ne sont pas monnaie courante ici.'
- 72 Brief van C. Friedel aan Van 't Hoff, 31 maart 1894, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). Het tekent Van 't Hoff dat zijn vader deze benoeming uit de krant moest vernemen. Hij stuurde op 3 april een telegram naar zijn zoon met de vraag: 'Zijt gij benoemd? Is 't geen couranten-bericht?'
- 73 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 4 juni 1893, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Uns geht es hier gut; das neue Laboratorium fängt jetzt an mich Freude zu machen, nach der Langeweile und Geldnoth des Übergangsstadiums. Mehrere Arbeiten sind jetzt im Gange und kamen zu teilweisem Abschluss.'
- 74 W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *J.H. van 't Hoffs Amsterdamer Periode*, p. 45-46.
- 75 Zes in 1893, tien in 1894 en veertien in 1895, waarvan Van 't Hoff er zelf respectievelijk een, twee en twee bijdroeg.
- 76 D.M. Kooy, *De stabiliteit der waterstofverbindingen* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 19 april 1893). D.M. Kooy, Über die Zersetzung des gasförmigen Phosphorwasserstoffs, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 12 (1893) p. 155-161.
- 77 H.J. van de Stadt, *De oxydatie van Phosphorwaterstof en het Metaphosphorigzuur* (Proefschrift Universiteit van Amsterdam, 10 mei 1893). H.J. van de Stadt, Die Oxydationsgeschwindigkeit bei Phosphorwasserstoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 12 (1893) p. 322-332.

- 78 J.H. van 't Hoff, *Studien zur chemischen Dynamik* (Bearbeitet von Dr. Ernst Cohen, Frederik Müller & Co, Amsterdam/Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1896).
- 79 J.K. van der Heide, *De dubbelzouten van kalium- en magnesiumsulfaat: Schöniet en Kaliumastrakaniet* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 7 juli 1893). J.K. van der Heide, Die Doppelsalze von Kalium- und Magnesiumsulfat: Schönit und Kaliumastrakanit, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 12 (1893) p. 416-430.
- 80 Ernst Cohen, *Mannen en vrouwen van betekenis in onze dagen. Jacobus Henricus van 't Hoff* (Redactie Mr. J. Kalff jr., Tjeenk Willink & Zoon, Haarlem, 1900) p. 1-48.
- 81 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*.
- 82 De biografische gegevens over Cohen zijn, tenzij anders aangegeven, ontleend aan het boek van Ernst Cohen, *Na driekwart eeuw. Levensherinneringen* (Redactie Frits Broeyer en Leen Dorsman, Stichting Matrijs, Utrecht, 2013).
- 83 Cohen promoveerde op 8 november 1893 op een proefschrift getiteld 'Het bepalen van overgangspunten langs electrischen weg en de electromotorische kracht bij scheikundige omzetting'.
- 84 H.R. Kruyt, in: *Geestelijk Nederland 1920-1940. Deel II* (onder redactie van K.F. Proost en Jan Romein, Amsterdam/Antwerpen, 1948) p. 228.
- 85 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 4 juni 1893, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Das neue Gebäude wird also auch innerlich erneut "nur die alten Professoren bleiben stehen wie die Pyramiden Ägyptens, bloß dass darin keine Weisheit verborgen sei." (Heine)'. Dit is een enigszins gemengd citaat uit *Die Harzreise* van Heinrich Heine (1824, p. 8), waarin deze refereert aan de opeenvolgende generaties studenten in Göttingen die elke drie jaar wisselen: 'Nur die alten Professoren bleiben stehen in dieser allgemeinen Bewegung, unerschütterlich fest, gleich den Pyramiden Ägyptens – nur dass in diesen Universitätspyramiden keine Weisheit verborgen ist.'
- 86 Ze waren onder andere afkomstig uit België (Alexandre de Hemptinne en Jules Verschaffelt), Duitsland (Richard Löwenherz), Oostenrijk (Heinrich Goldschmidt) en Engeland (Thomas Ewan). Zie: H.A.M. Snelders, Das physikalisch-chemische Forschungsprogramm in den Niederlanden: J.H. van 't Hoff (1852-1911) und H.W. Bakhuis Roozeboom (1854-1907) und ihre Schüler, *Alma Mater Jenensis. Studien zur Hochschul- und Wissenschaftsgeschichte*, 7 (1991) p. 74-83, p. 77.
- 87 Anoniem, Nederlandsch als wetenschappelijke taal, *Neerlandia. Orgaan van het Algemeen Nederlandsch Verbond*, 16 (1912) p. 92.
- 88 H.A.M. Snelders, J.H. van 't Hoff's research school in Amsterdam (1877-1895), *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 71 (1984) p. 1-30. H.A.M. Snelders, Das physikalisch-chemische Forschungsprogramm in den Niederlanden, p. 74-83.
- 89 Centraal Bureau voor de Statistiek, *Statistiek van het hooger onderwijs 1930 (editie 1930-1931)*. Historisch-statistisch overzicht over honderd jaren hooger onderwijs – Staat 1. Aantal studenten per universiteit voor elk der faculteiten afzonderlijk. a. De jaren 1830-1899, p. 10-11.
- 90 J.H. van 't Hoff, In Memoriam Jan Willem Gunning, *Amsterdamsche Studenten-almanak 1901* (J. Clausen, Amsterdam) p. 42-52, p. 50.
- 91 *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1886* (J. Clausen, Amsterdam). *Amsterdamsche Studenten-almanak 1893 en 1894* (J. Clausen, Amsterdam).
- 92 Frits Berends en Dirk van Delft, *Lorentz. Gevierd fysicus, geboren verzoener* (Prometheus, Amsterdam, 2019) p. 207.

- 93 C.P. van Kerkwijk, *Antoine Paul Nicolas Franchimont (1844-1919)* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 1934) p. 152-154. Franchimont begeleidde 42 promovendi over een periode van 38 jaar.
- 94 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 5 november 1896, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 265.
- 95 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 22 juni 1900, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 292-293. 'Letzteres hieß zwar für physikalische Chemie; wesentlich war aber der gewöhnliche Unterrichtsgang und meine Musen betrieb ich so nur mit einigen wenigen Spezialschülern. Ihr Institut ist aber ein Centrum, von woraus ein regelmäßiger Strom, physiko-chemisch ausgebildet, die Welt befruchtet und zur Stütze dieser Wissenschaft und Ihrer persönlichen Stellung eminent beiträgt.'

11 Een eigen tijdschrift

- 1 Ch.M. van Deventer, Nederlandsche scheikunde, *De Nieuwe Gids*, 2 (1887) p. 144-147.
- 2 Wilhelm Ostwald, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Zweiter Band: Chemische Energie und Verwandtschaftslehre* (Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1887).
- 3 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Erster Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1926) p. 240.
- 4 Brief van Rudolf Engelmann aan Wilhelm Ostwald, 21 juni 1886, in: Thomas Hapke, *Die Zeitschrift für physikalische Chemie. Hundert Jahre Wechselwirkung zwischen Fachwissenschaft, Kommunikationsmedium und Gesellschaft* (Verlag Traugott Bautz, Herzberg, 1990) p. 22-24.
- 5 U. Niedersen, Hundert Jahre Zeitschrift für physikalische Chemie. Eine Zeitschrift konsolidiert einen Wissenschaftszweig, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 268 (1987) p. 417-423, p. 419. 'In Wiedemann's Annalen fehlt es regelmäßig an Raum.'
- 6 Barth Verlag in Leipzig.
- 7 Wilhelm Ostwald, Zur Geschichte der Zeitschrift für physikalische Chemie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 100 (1922) p. 1-8, p. 3.
- 8 Brief van Lothar Meyer aan Ostwald, 13 augustus 1886, Archief van de Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Nachlass Ostwald Nr. 1995.
- 9 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 241.
- 10 Brief van Voss aan Ostwald, 20 november 1886, in: K. Hansel, Briefe zur Gründung der Zeitschrift für physikalische Chemie, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.*, 1 (1996) p. 57-83, p. 59-60. 'Bei Gründung einer Zeitschrift, welche dem Spezialgebiet einer großen wissenschaftlichen Disziplin dienen soll, kann man unmöglich warten, bis die große Masse der letzterer Angehörigen zustimmen. [...] Frisch gewagt ist halb gewonnen.'
- 11 Brief van Voss aan Ostwald, 23 november 1886, in: K. Hansel, Briefe zur Gründung, p. 61.
- 12 K. Hansel, Briefe zur Gründung, p. 63-65.
- 13 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 245. 'Ein junger Fachgenosse [...] der keine irgendwie hervorragenden Leistungen aufzuweisen hatte, weder auf experimentellem noch auf literarischem Gebiet.'
- 14 K. Hansel, Briefe zur Gründung, p. 71-72.
- 15 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 246. 'Da ich nicht wünsche, im eigenen Hause zur Miete zu wohnen.'
- 16 Brief van Rudolf Engelmann aan Ostwald, 14 december 1886, In: K. Hansel, Briefe zur Gründung, p. 69. 'Denn es ist sicher nicht zu bezweifeln, daß Voß und seine Redakteure

- Alles thun werden um uns zu schaden, und immerhin möglich, daß sie einen augenblicklichen Erfolg erringen.'
- 17 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 11 december 1886, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 201. 'Ich muß gestehen, dass ich für die Redaction "Dr. J. Traube, Hannover" nicht speziell Enthusiast war, und nach die [sic] andern Mitarbeiter habe ich mich nicht erkündigt; "der Zweck war mir lieb und ich kämpfe mit", so habe ich gedacht.'
 - 18 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 11 december 1886, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 201. 'Wir haben doch so lange schon in derselben Wirthschaft gekneipt, nur dass die Tische so weit entfernt waren, dass das "prosit" nur leise flüsternd überkam.'
 - 19 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 31 december 1886, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 202. 'Die ganze Mitbetheiligung meinerseits könnte also nur darin bestehen, dass mein Name neben dem Ihrigen vermeldet wird [...]; Einsendungen könnten dann eventuell mir zugesandt werden, das ist aber Nebensache.'
 - 20 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 7 januari 1887, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 203. Van 't Hoff citeert hierin uit de verloren gegane antwoordbrief van Ostwald aan hem: 'Was hätten wir bei gemeinsamer Arbeit leisten können! Wie schön hätten wir uns ergänzt!'
 - 21 Ibidem. 'Wir verstehen uns doch noch nicht so gut wie es solche großen Geister wie wir gewohnt sind.'
 - 22 K. Hansel, *Briefe zur Gründung*, p. 72.
 - 23 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 246.
 - 24 Ibidem, p. 247.
 - 25 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 14 januari 1887, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 203-204.
 - 26 Frowein promoveerde op 15 januari 1887 op een proefschrift getiteld 'Dissociatie van kristalwaterhoudende zouten.' Het onderzoek daarvoor was weliswaar in Amsterdam uitgevoerd, maar Frowein promoveerde bij Lorentz in Leiden. Dat had alles te maken met zijn activiteiten in het openbare leven: hij was vrijdenker, streed openlijk voor het algemeen kiesrecht en wilde de godsdienst uitroeien, waardoor velen hem als een gevaarlijke revolutionair beschouwden. Het kwam hem op een beroepsverbod als leraar te staan, waarna Van 't Hoff hem een baan als assistent aanbood. Vanaf 1885 werkte hij twee jaar aan zijn proefschrift, maar had het toen in Amsterdam zo verbruid dat hij uitweek naar Leiden. Op de allereerste bladzijde van zijn proefschrift bedankte hij Van 't Hoff dat deze hem had aangespoord tot zijn onderzoek en hem had geholpen 'bij het overwinnen van sommige experimenteele moeilijkheden. Maar boven den Geleerde staat de Mensch. Daarom, Zeer Geachte Van 't Hoff, neem ik deze gelegenheid tevens te baat om U mijn dank te betuigen voor Uwen zedelijken steun in dagen, toen ik de gevolgen van staatkundige en godsdienstige onverdraagzaamheid persoonlijk moest ervaren.' In een brief aan haar echtgenoot schreef Jenny dat ze deze opdracht had gelezen en 'ik het heel aardig [vind] dat hij je als mensch toespreekt'. Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 14 januari 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
 - 27 P.C.F. Frowein en J.H. van 't Hoff, Mitteilungen aus dem Universitätslaboratorium von Amsterdam. 1. Die Dissociation kristallwasserhältiger Salze, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 5-14.
 - 28 Brieven van Henri Le Châtelier (3 februari 1887), François-Marie Raoult (21 maart

- 1887) en Walther Spring (7 februari 1887) aan Van 't Hoff, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 29 Het betekende ook dat de rol van Isidor Traube in het *Zeitschrift* uitgespeeld was. Traube raakte hier later erg verbitterd over, vooral omdat hij zich betoonde als een tegenstander van de theorieën van Van 't Hoff en Arrhenius, maar zijn artikelen hierover niet in het *Zeitschrift* gepubliceerd wist te krijgen, omdat Ostwald en Nernst daar een stokje voor staken, terwijl het *Zeitschrift* toch maar op zijn initiatief was verschenen. Zie: Isidor Traube, *Lebenserinnerungen*, Edinburgh University Library Special Collections (GB 237 Coll-807) p. 11. 'Ich war lange Jahre in Deutschland wohl der einzige Physikochemiker, welcher sich den Theorien von Van 't Hoff und Arrhenius dauernd widersetzte, aber ich war verfehmt [vogelvrij verklaard] bei den deutschen Physikochemikern, welche unter dem Einfluss von Wilhelm Ostwald und W. Nernst standen. Die im Betracht kommenden Zeitschriften, selbst die *Zeitschrift für physikalische Chemie*, deren *Erscheinen wesentlich von mir angeregt worden war*, wies meine Abhandlungen zurück.'
- 30 Dat weerhield hem er overigens niet van om af en toe iets in *Recueil* te publiceren: J.H. van 't Hoff, Dissociation de l'hydrate $\text{HBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 4 (1885) p. 414-417. J.H. van 't Hoff, Le tensimètre différentiel de M. G.J.W. Bremer, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 6 (1887) p. 121. J.H. van 't Hoff, Le point de transition et le point de fusion, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 6 (1887) p. 36-42, p. 91-94 en p. 137-139.
- 31 Citaat van Lord Byron, in: *Childe Harold's Pilgrimage*, Canto The Third, XL, in: Lord Byron, *The Complete Poetical Works of Lord Byron* (Ed. Paul Elmer More, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1905) p. 1-83, p. 41.
- 32 Ostwald had Van 't Hoff per brief twee voorstellen gedaan over de manier waarop hun beider namen op het titelblad zouden verschijnen.
- 33 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 14 januari 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 34 Ch.M. van Deventer, Nederlandsche scheikunde, *De Nieuwe Gids*, 2 (1887) p. 144-147, p. 144-145.
- 35 Van der Waals weigerde als medewerker van het *Zeitschrift* te worden genoemd, hoewel hij daartoe door Ostwald was uitgenodigd (zie: Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 21 februari 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4)). De reden die Van der Waals daar volgens Van 't Hoff voor aanvoerde was dat 'hij niet kon besluiten om zijn werk in een andere taal dan het Nederlands te laten drukken'. (Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 23 maart 1887, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds*, II. Teil, p. 207). Er zijn overigens wel degelijk artikelen van Van der Waals in het *Zeitschrift* verschenen, maar dat betroffen alle Duitse vertalingen van elders verschenen artikelen.
- 36 Wilhelm Ostwald, An die Leser, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 1-4, p. 2.
- 37 E. du Bois-Reymond, Antwort an Hans Landolt, Leibniz-Sitzung, 29. Juni 1882, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 32 (1882) p. 713-737, p. 728. 'Ja, im Gegensatz zur modernen Chemie kann man die physikalische die Chemie der Zukunft nennen.'
- 38 Brief van Ostwald aan Arrhenius, 18 april 1887, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds*, II. Teil, p. 36.
- 39 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 6 augustus 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 40 Brief van de firma Engelmann aan Van 't Hoff, 8 januari 1889, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 41 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 20 januari 1888, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds*, II. Teil, p. 212-213.

- 42 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 24 januari 1888, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 43 Thomas Hapke, *Die Zeitschrift*, p. 47.
- 44 W. Girnus, 90 Jahre Zeitschrift für physikalische Chemie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 258 (1977) p. 2-6, p. 4.
- 45 Harry C. Jones, *A new era in chemistry. Some of the more important developments in general chemistry during the last quarter of a century* (Van Nostrand Co., New York, 1913) p. 202.
- 46 Om de toename van het aantal banden per jaar te beperken, werden vanaf 1905 de referaten afgeschaft.
- 47 Thomas Hapke, *Die Zeitschrift*, p. 48-49.
- 48 Een van de weinige uitzonderingen was een bespreking van *Dix Années dans l'Histoire d'une Théorie*, de tweede, uitgebreide uitgave van Van 't Hoffs *La chimie dans l'espace*, besproken door de auteur zelf. Zie: J.H. van 't Hoff, Bücherschau, J.H. van 't Hoff *Dix années dans l'histoire d'une théorie*, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 576.
- 49 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 31 maart 1888, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 45-46. 'Ich habe nichts gegen diese Zeitschrift, es ist aber zu befürchten, dass so eine Publication, mit wenigen Scribenten, leicht zu einem Institut für gegenseitige Bewunderung entartet.'
- 50 A.F. Holleman, Bij het vijftigjarig bestaan van het Recueil, *Chemisch Weekblad*, 29 (1932) p. 270-271.
- 51 Brieven van Van 't Hoff aan Ostwald, 3 december 1897 en 12 december 1897 en brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 5 december 1897, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 278-279.
- 52 Jubelband für Wilhelm Ostwald, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 46 (1903) p. 1-878.
- 53 J.H. van 't Hoff, Friedrich Wilhelm Ostwald, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 46 (1903) p. v-xv, p. VIII.
- 54 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, begin april 1904, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 55 Wilhelm Ostwald, Elements and compounds, *Journal of the Chemical Society. Transactions*, 85 (1904) p. 506-522.
- 56 J.H. van 't Hoff, Friedrich Wilhelm Ostwald, p. VII. 'In beider Hinsicht hat er seine Tätigkeit bis zu den letzten Konsequenzen durchgeführt.' 'Doch hat unzweifelhaft Ostwald durchweg das Richtige getroffen.'
- 57 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Zweiter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927) p. 369. 'Das mochte nach Außen so aussehen, innerlich war das Gegenteil richtig. Sowohl das Interesse wie die Beherrschung gingen mir täglich mehr verloren.'
- 58 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 26 december 1906, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 312.
- 59 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 27 december 1906, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 313-314. 'Gerade weil ich weiß, dass ich den größten Teil meiner Energie in die Zeitschrift gesteckt habe, darf ich beanspruchen, dass mir mein Recht an ihr nicht einfach fortgenommen wird, wie Engelmann ursprünglich wollte.'
- 60 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 7 april 1907, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 315. 'Ja, da muß man so'n Bischen tun, wie der Inhaber der Drogerie der im Dunkeln eine Wanne auswiegt und nicht weiß ob es Vitriol oder Ricinusöl ist, sein Kunde aber einen wohlwollenden "Gott

- segne den Griff” mit auf dem Wege giebt. Etwa M 2000 (zweitausend) scheint mir aus verschiedenen Gründen vielleicht richtig.’
- 61 Thomas Hapke, *Die Zeitschrift*, p. 44-45.
 - 62 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 11-12. ‘Die Begründung der Zeitschrift sicherte das Dasein der Allgemeinen Chemie als einer selbständigen Wissenschaft, indem sie die zeitgenössischen Mitarbeiter vereinigte und ihnen die Möglichkeit gab, sich der Öffentlichkeit im eigenen Hause darzustellen und nicht wie bisher als geduldete Gäste in nicht immer wohlwollender Umgebung.’
 - 63 Zie hiervoor de volgende artikelen: Robert J. Deltete, Wilhelm Ostwald’s Energetics 1: Origins and Motivations, *Foundations of Chemistry*, 9 (2007) p. 3-56. Robert J. Deltete, Wilhelm Ostwald’s Energetics 2: Energetic Theory and Application. Part I, *Foundations of Chemistry*, 9 (2007) p. 256-316. Robert J. Deltete, Wilhelm Ostwald’s Energetics 3: Energetic Theory and Application. Part II, *Foundations of Chemistry*, 10 (2008) p. 187-221.
 - 64 Casper Hakfoort, Science Deified: Wilhelm Ostwald’s Energeticist World-view and the History of Scientism, *Annals of Science*, 49 (1992) p. 525-544.
 - 65 Brief van Arrhenius aan Van ’t Hoff, 2 maart 1905, JHUA (Ms 74, box 2, folder 1). ‘Leider stehen wir hilflos gegen den Abgang O.’s von den Naturwissenschaften.’
 - 66 Brief van Van ’t Hoff aan Ostwald, 27 juli 1901, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 299. ‘Ich bin als Philosoph so ungefähr bei Comte stecken geblieben.’
 - 67 Brief van Ostwald aan Van ’t Hoff, 29 juli 1901, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 300.
 - 68 Fabian de Kloe, *Constructing worlds with words: science and international language in the early twentieth century* (Proefschrift, Universiteit van Maastricht, 2014).
 - 69 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Dritter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927) p. 167-169 en p. 174-177. Wilhelm Ostwald, *Chemische Weltliteratur, Zeitschrift für physikalische Chemie*, 76 (1911) p. 1-20.
 - 70 Brief van Van ’t Hoff aan Arrhenius, 3 januari 1907, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. ‘Der arme Landolt fiel in dieser Weise herein. Ich persönlich bin für Englisch (Deutsch, Französisch) als Weltsprache und fürchte dass, wenn es mit dem Esperanto etwas weiterkommt, die armen Schulkinder ein Fach mehr zu bewältigen bekommen das ihnen nicht nutzt. [...] Wolltest du übrigens etwas für diesen Weltsprache tun dann mußt du wegen Unanständigkeit verbotene Bücher darin übersetzen.’
 - 71 Brief van Ostwald aan Van ’t Hoff, 4 januari 1911, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 321-322. Ido is een herziene versie van het Esperanto, die dateert uit het begin van de twintigste eeuw.
 - 72 Brief van Van ’t Hoff aan Ostwald, 7 januari 1911, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 322-323. ‘Zu meinem großen Bedauern könnte ich leider, auch nach längerer Überlegung, den von Ihnen gewünschten Schritt zu Gunsten der Idosprache nicht mitmachen und ohne daß Sie hierin etwas unfreundliches erblicken müssen, teile ich lieber auch sofort mit, daß ich die Zeitschrift bei dieser Änderung nicht mehr mit meinem Namen stützen möchte.’
 - 73 Brief van Ostwald aan Van ’t Hoff, 21 januari 1911, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 323-324. ‘Jedes der wenigen Male, in denen Sie bezüglich einer schiedsrichterlichen Entscheidung zwischen mir und Engelmann in Anspruch genommen worden sind, haben Sie alsbald gegen mich entschieden, ohne mir Gelegenheit zu geben, meinen Standpunkt zu begründen.’

- 74 Brief van Jenny aan Ostwald, ongedateerd, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 324. 'Bei dieser Sachlage können Sie sich wohl denken, dass mein Mann sich nicht mit diesen Fragen beschäftigen kann und darf, und deshalb möchte ich Sie sehr bitten, wenn möglich mit allen Entscheidungen noch etwas zu warten.'
- 75 Brief van Ostwald aan Jenny van 't Hoff, 24 januari 1911, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 324-325.
- 76 Een andere wereldtaal die in die tijd werd gepropageerd.
- 77 J.H. van 't Hoff, Dagboek XIII (oktober 1910-februari 1911), 15 februari 1911, VTH-HA.

12 Op de grens van fysica en chemie

- 1 Ch.M. van Deventer, De Wet van Berthollet en de moderne scheikunde, *De Nieuwe Gids*, 1 (1885-1886) p. 97-118, p. 110-111.
- 2 J.H. van 't Hoff, De physiologische beteekenis der jongste stroomingen op natuur- en scheikundig gebied, *Handelingen van het Derde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres (gehouden te Utrecht op den 3den en 4den April 1891)* (J. van Boekhoven, Utrecht, 1891) p. 26-36, p. 26-27.
- 3 J.H. van 't Hoff, De physiologische beteekenis, p. 27.
- 4 Benjamin Harrow, *Eminent chemists of our time* (Van Nostrand Co., New York, 1927) p. 92-93. Aaron J. Ihde, *The development of modern chemistry* (Harper & Row, New York, 1966) p. 391-417. Erwin N. Hiebert, Developments in physical chemistry around the turn of the century, in: *Science Technology and Society in the time of Alfred Nobel* (Eds. Carl Gustaf Bernhard, Elisabeth Crawford and Per Sörbom, Pergamon Press/The Nobel Foundation, 1982) p. 97-115.
- 5 Harry C. Jones, *A new era in chemistry. Some of the more important developments in general chemistry during the last quarter of a century* (Van Nostrand Co., New York, 1913) p. iii-iv.
- 6 J.H. van 't Hoff, Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 481-508.
- 7 Svante Arrhenius, Über die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 631-648.
- 8 John W. Servos, *Physical Chemistry from Ostwald to Pauling. The making of a Science in America* (Princeton University Press, Princeton, 1990).
- 9 Onder wetenschappelijke discipline verstaan we hier 'enerzijds [...] een afgegrensd en specialistisch onderzoeks- en onderwijsveld en anderzijds [...] een al evenzeer afgegrensde sociale groep, die verbonden is via gemeenschappelijke instituties en communicatiemiddelen en een gedeelde cultuur en identiteit'. Zie: Frans van Lunteren, Het ontstaan van het systeem van bètadisciplines: de natuurkunde, *Studium*, 6 (2013) p. 91-112, p. 93-94.
- 10 Auguste Comte, *Cours de Philosophie Positive. Tome 3* (5e édition, Bachelier, Paris, 1838) p. 5.
- 11 Pierre Duhem, Une Science Nouvelle: La Chimie Physique, *Revue Philomathique de Bordeaux et Sud-Ouest*, 2 (1899) p. 205-219 en p. 260-280, hier p. 206-207.
- 12 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Zweiter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927) p. 111. 'In dem man schon den künftigen Führer unserer Wissenschaft sah, denn was nicht organische Chemie war, wurde überhaupt nicht als Chemie anerkannt.'
- 13 Helge Kragh, Between physics and chemistry: Helmholtz's route to a theory of chemical thermodynamics, in: *Hermann von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science* (Ed. David Cahan, University of California Press, Berkeley, 1993)

- p. 403-431, p. 403. 'Mid-nineteenth-century chemistry was almost a purely experimental and classificatory science. In contrast to physics, it largely lacked theoretical foundations and showed little progress in supplying such foundations.'
- 14 Alan Rocke, What did 'theory' mean to nineteenth-century chemists?, *Foundations of Chemistry*, 15 (2013) p. 145-156.
 - 15 Helge Kragh, Between physics and chemistry, p. 405. 'The transformation of chemistry from a largely static and experimental into a dynamic and theoretical science was produced not by run-of-the-mill chemists but by physicists or chemists with a strong background in physics.'
 - 16 Erwin N. Hiebert en Hans-Günther Körber, Wilhelm Ostwald (1853-1932), in: *Dictionary of Scientific Biography*, 15 (1982) p. 455-475, Note 1.
 - 17 Waren er in 1840 zo'n 1500 verbindingen bekend, in 1880 was dat aantal al vertienvoudigd. Zie: Wolfgang Girnus, *Grundzüge der Herausbildung der physikalischen Chemie als Wissenschaftsdisziplin – Eine wissenschaftshistorische Fallstudie zur Disziplingenese in der Wissenschaft* (Dissertation Akademie der Wissenschaften der DDR, 1982) p. 177.
 - 18 Wilhelm Ostwald, Die Aufgaben der physikalischen Chemie, in: *Abhandlungen und Vorträge allgemeinen Inhalts* (Verlag Von Veit & Comp., Leipzig, 1904) p. 3-12.
 - 19 Wilhelm Ostwald, Die Aufgaben der physikalischen Chemie, p. 3.
 - 20 Wilhelm Ostwald, Die Aufgaben der physikalischen Chemie, p. 12. 'Die Kenntnis neuer Stoffe [ist] nicht das letzte Ziel der Wissenschaft.'
 - 21 Diana Kormos Barkan, *Walther Nernst and the transition to modern physical science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1999) p. 9. 'A self-conscious effort on the part of the more enlightened, physicalist chemists to rejuvenate [...] a nonphysical, nonmathematical, somewhat premodern chemistry.' In zijn oratie bij zijn aantreden als buitengewoon hoogleraar in de fysische chemie in Amsterdam deed Ernst Cohen bijvoorbeeld ook bewust afstand van de term 'scheikunde' ten faveure van 'chemie': 'De hollandsche naam [sluit] eene beperking in zich, die, naarmate de ontwikkeling van dezen tak der natuurwetenschap voortschrijdt, deze benaming steeds minder juist doet worden.' Hij wilde af van de connotatie van zijn vak met begrippen als 'handvaardigheid' en 'ambacht'. Zie: Ernst Cohen, *Uitersten op het gebied der algemeene of fysische chemie* (Oratie, 9 december 1901, Universiteit van Amsterdam) p. 8-9.
 - 22 Mary Jo Nye, *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry: Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines 1800-1950* (University of California Press, Berkeley, 1994) p. 13-31.
 - 23 Manuel DeLanda, *Philosophical Chemistry. Genealogy of a Scientific Field* (Bloomsbury Academic, London, 2015) p. 155-156.
 - 24 Friedemann Schmidthals, Die erste Berufung für physikalische Chemie: Ein Unterfangen von höchster wissenschaftlicher Bedeutung, *Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin*, 3 (1995) p. 227-254.
 - 25 Friedemann Schmidthals, Die erste Berufung, p. 230. 'Um einer neu auftretenden und noch im Entstehen begriffenen Wissenschaft, der s.g. physikalischen Chemie, einen Eingang in unsere Universität zu verschaffen.'
 - 26 Friedemann Schmidthals, Die erste Berufung, zie: Anlage 2: Briefe wissenschaftlicher Autoritäten.
 - 27 Onder andere in Bonn en Königsberg.
 - 28 Regine Zott, Anmerkungen zur Integration von Natur- und Geisteswissenschaften im 19. Jahrhundert mit Hinweisen auf Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911), in: *Universitäten und Akademien. Beiträge der Tagung vom 19. und 20. Juni 2009 an der*

- Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt* (Herausgegeben von Ingrid Kästner und Jürgen Kiefer, Shaker Verlag, Aachen, 2010) p. 251-264, p. 256 (noot).
- 29 Friedemann Schmidthals, Die erste Berufung, p. 250-251. 'Lothar Meyer's theoretische Arbeiten entbehren gänzlich einer experimenteller Forschung. Sie enthalten eine Reihe von aus den Arbeiten Anderer hergeleiteter Berechnungen.'
 - 30 E. du Bois-Reymond, Antwort an Hans Landolt, Leibniz-Sitzung, 29. Juni 1882, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 32 (1882) p. 713-737, p. 728. 'Ja, im Gegensatz zur modernen Chemie kann man die physikalische die Chemie der Zukunft nennen.'
 - 31 Brief van Landolt aan Ostwald, 13 mei 1886, in: K. Hansel und A. Vatterott, Dokumente und Briefe zur Neubesetzung der Professur für physikalische Chemie an der Universität Leipzig und Berufung Wilhelm Ostwalds, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.*, 1 (1996) p. 32-52, p. 33. 'Eine höchst undankbare Sache.'
 - 32 Ibidem.
 - 33 Wilhelm Ostwald, Zur Geschichte der Zeitschrift für physikalische Chemie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 100 (1922) p. 1-8, p. 1. Thomas Graham en Friedrich Julius Otto, *Ausführliches Lehrbuch der Chemie. Volume I-V* (Vierte umgearbeitete Auflage, Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1863-1878). De theoretische en fysische chemie, bewerkt door Heinrich Buff, Hermann Kopp en Friedrich Zaminer, werden behandeld in Volume I, de anorganische chemie in Volume II, terwijl de organische chemie de resterende drie volumina besloeg.
 - 34 W. Girnus, 100 Jahre Zeitschrift für physikalische Chemie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 269 (1988) p. 209-215.
 - 35 Diana Kormos Barkan, A usable past: Creating disciplinary space for physical chemistry, in: *The Invention of Physical Science. Intersections of Mathematics, Theology and Natural Philosophy Since the Seventeenth Century* (Eds. M.J. Nye, J.L. Richards and R.H. Stuewer, Kluwer Academic Publishers, 1992) p. 175-202.
 - 36 Wilhelm Ostwald, *Elektrochemie. Ihre Geschichte und Lehre* (Verlag Von Veit & Co., Leipzig, 1896) p. 147.
 - 37 Diana Kormos-Barkan, A usable past, p. 181.
 - 38 Walther Nernst, *Die Ziele der physikalischen Chemie. Festrede gehalten am 2. Juni 1896 zur Einweihung des Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie der Georg-Augusta zu Göttingen* (Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1896).
 - 39 R.G.A. Dolby, Thermochemistry versus Thermodynamics: The Nineteenth Century Controversy, *History of Science*, 22 (1984) p. 375-400. 'The two sides were, in a sense, not speaking quite the same language. Each side construed its own position sympathetically and the other side unsympathetically, and so came to different, but still perfectly reasonable, conclusions.'
 - 40 Walther Nernst, *Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadro'schen Regel und der Thermodynamik* (Stuttgart, Verlag von Ferdinand Enke, Dritte Auflage, 1900) p. 630.
 - 41 Wilhelm Ostwald, Die Aufgaben der physikalischen Chemie, p. 10. 'Die Messung der bei den verschiedenen chemischen Vorgängen freiwerdenden Energiemengen ist von größter Wichtigkeit.'
 - 42 Helge Kragh, Julius Thomsen and Classical Thermochemistry, *The British Journal for the History of Science*, 17 (1984) p. 255-272, p. 271.
 - 43 Max Planck, *Vorträge Reden Erinnerungen. Wissenschaftliche Selbstbiographie* (Herausgegeben von Hans Roos und Armin Hermann, Springer Verlag, Berlin, 2001) p. 64. 'Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, dass ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr

- dadurch, dass die Gegner allmählich aussterben und dass die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist.'
- 44 R.G.A. Dolby, The case of physical chemistry, in: *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines* (Eds. G. Lemaire, R. Macleod, M. Mulkay, and P. Weingart, Mouton & Co., The Hague, and Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 1976) p. 63-73, p. 63. 'The sense of common identity felt by the members of Ostwald's group [...] has been widely considered to be crucial in the rise of the new discipline. The school systematised previously scattered scientific work and provided impetus to directions of research which were to be of major importance in the development of science.'
 - 45 Harry C. Jones, *A new era in chemistry*, p. 200. 'With his uniquely comprehensive grasp of the facts of chemistry, and with his organizing mind, it is safe to predict that the full meaning of these generalizations for chemistry would not have been seen even at the present time.'
 - 46 R.G.A. Dolby, The transmission of two new scientific disciplines from Europe to North America in the late nineteenth century, *Annals of Science*, 34 (1977) p. 287-310, p. 290. 'An enthusiastic entrepreneur of new ideas.'
 - 47 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 20. 'In meiner Person [verkörperte] sich der organisatorische Faktor, ohne welchen eine derart schnelle und weitreichende Gestaltung eines neuen Wissensgebietes nicht stattfinden kann.'
 - 48 Mary Jo Nye, *From chemical philosophy*, p. 19.
 - 49 Wolfgang Girnus, *Grundzüge der Herausbildung der physikalischen Chemie als Wissenschaftsdisziplin*, p. 168. Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p. 367.
 - 50 Pierre Duhem, *L'œuvre de M. J.H. van 't Hoff à propos d'un livre récent* (Imprimerie Polleunis & Ceuterick, Louvain, 1900) p. 6. Pierre Duhem, *Mixture and chemical combination. An essay on the evolution of an idea and related essays* (Edited by Paul Needham, Springer Science Publishers, 2002) p. 277-278. 'Une nation qui aspire à l'hégémonie à la fois dans le monde intellectuel et dans le monde économique devait, nécessairement, revendiquer la première place en Physico-Chimie.'
 - 51 Zie bijvoorbeeld: Hans Köppe, *Physikalische Chemie in der Medizin. Einführung in die Physikalische Chemie und ihre Verwertung in der Medizin* (Alfred Hölder, Wien, 1900). H.J. Hamburger, *Osmotischer Druck und Ionenlehre in den medizinischen Wissenschaften. Zugleich Lehrbuch physikalisch-chemischer Methoden. Volume 1-3* (J.F. Bergmann, Wiesbaden, 1902-1904). R. Höber, *Physikalische Chemie der Zelle und Gewebe* (Berlin und Leipzig, 1902). A. von Koranyi und P.F. Richter, *Physikalische Chemie und Medizin* (Leipzig, 1907).
 - 52 Ernst Cohen, *Na driekwart eeuw. Levensherinneringen* (Redactie Frits Broeyer en Leen Dorsman, Stichting Matrijs, Utrecht, 2013) p. 72.
 - 53 Ernst Cohen, *Voordrachten over physische scheikunde voor geneeskundigen* (F. van Rossen, Amsterdam, 1901).
 - 54 J.H. van 't Hoff, *Acht Vorträge über physikalische Chemie gehalten auf Einladung der Universität Chicago vom 20. bis 24. Juni 1901* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1902).
 - 55 Friedemann Schmidthals, *Die erste Berufung*, p. 238.
 - 56 Walther Jaenicke, *100 Jahre Bunsen Gesellschaft 1894-1994* (Steinkopff, Darmstadt, 1994) p. 1-34, p. 14. 'Die rasche und glänzende Entwicklung welche die Elektrochemie in unseren Tagen zu zeigen beginnt, hat für Deutschland eine grosse Bedeutung. Denn unser Vaterland steht in der Chemie wie in der Elektrotechnik allen anderen Ländern voran und diesen Vorrang muss es auch auf dem so vielversprechenden Mittelgebiete, in der Elektrochemie bewahren.'

- 57 Walther Nernst, Zum Redaktionswechsel bei der Zeitschrift für Elektrochemie, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 7 (1901) p. 389-390. Na 1904 zou het tijdschrift opnieuw omgedoopt worden tot *Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte physikalische Chemie*.
- 58 Brief van Wilhelm Ostwald aan Arthur Wilke, 28 februari 1894, Zentrales Archiv der Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin, Nachlass Wilhelm Ostwald. 'Wiewohl ich etwas zweifelhaft bin, ob die Zeit für eine Deutsche Elektrochemische Gesellschaft bereits gekommen ist, will ich doch vorläufig unter Vorbehalt einer endgültigen Entscheidung mich gerne Ihrem Unternehmen anschließen.'
- 59 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 4 december 1898, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 283.
- 60 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 7 december 1898, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil*, p. 283-284. 'Rein wissenschaftliche Abhandlungen.'
- 61 Walther Jaenicke, *100 Jahre Bunsen Gesellschaft*, p. 47-48. W. Ostwald, Bunsen Gesellschaft?, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 8 (1902) p. 154-155.
- 62 J.H. van 't Hoff, *Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, Erster Teil 1905, Zweiter Teil 1909).
- 63 Hans-Heinz Emons, Die Kaliindustrie-Geschichte eines Deutschen Wirtschaftszweiges? Überarbeitete und erweiterte Fassung des Vortrages im Plenum der Leibniz-Sozietät am 19. April 2001, *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät e. V.* (2001) p. 5-73.
- 64 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien*, p.112.
- 65 Jeffrey A. Johnson, Academic chemistry in Imperial Germany, *Isis*, 76 (1985) p. 500-524, p. 513. Ook de technische hogescholen benoemden rond 1900 veel meer fysisch chemici en anorganisch chemici dan organisch chemici. Wilhelm Ostwald vermeldt in zijn autobiografie (*Lebenslinien*, p. 124) dat de Universiteit van München het langst geaarzeld had omdat de hoogleraar chemie aldaar, Adolf von Baeyer 'geen andere goden naast zich duldde'.
- 66 In Frankrijk was dat het *Journal de Chimie Physique*, dat in 1903 door Guye werd opgericht, terwijl in de Verenigde Staten Wilder Bancroft, die nog als post-doc bij Van 't Hoff had gewerkt, in 1896 het *Journal of Physical Chemistry* startte.
- 67 Elisabeth Crawford, Arrhenius, the Atomic Hypothesis, and the 1908 Nobel Prizes in Physics and Chemistry, *Isis*, 75 (1984) p. 503-522. Hoewel William Ramsay in 1904 zijn Nobelprijs kreeg voor zijn ontdekking van de edelgassen, was hij van oorsprong fysisch chemicus.
- 68 J.H. van 't Hoff, Ein Blick in das neue chemisch-physikalische Forschungsgebiet, *Deutsche Revue*, 20 (1895) p. 113-119. 'Ja, das kann wohl ohne Übertreibung gesagt werden: wo anfangs diese kleine Kolonie vom beiderseitigen Mutterlande etwas eingewandelt und ernährt wurde, da ist sie beim Aufwachsen nicht undankbar, und [...] zeigt wohl, dass sie nicht mehr auf Kosten der Eltern steht.'

13 Het wilde leger der Ioniërs

- 1 Deze benaming voor het driemanschap Ostwald, Van 't Hoff en Arrhenius, waarbij soms ook Walther Nernst wordt gerekend, is afkomstig van August Horstmann. In een referaat over een artikel van Lothar Meyer dat gericht was tegen de osmotische theorie van Van 't Hoff, zette Horstmann zijn collega ietwat neerbuigend neer als 'een trouwe Eckhart, die zijn stem verheft om de kinderen van de scheikunde te waarschuwen voor het gevaar waarmee het wilde leger der Ioniërs hen bedreigt'. Van 't Hoff, Arrhenius en Ostwald zouden onderling de uitdrukking 'das wilde Heer der Ionier'

- als een geuzennaam gaan gebruiken. Zie: August Horstmann, Referate, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 23 (1890) p. 137.
- 2 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, augustus 1894, VTH-HA.
 - 3 W. Ostwald, Elektrochemische Studien. I. Die elektrische Leitungsfähigkeit der Säuren, *Journal für praktische Chemie*, 30 (1884) p. 225-237. W. Ostwald, Elektrochemische Studien. II. Das Verdünnungsgesetz, *Journal für praktische Chemie*, 31 (1885) p. 433-462. W. Ostwald, Elektrochemische Studien. III. Über den Einfluss der Zusammensetzung und Constitution der Säuren auf ihre elektrische Leitfähigkeit, *Journal für praktische Chemie*, 32 (1885) p. 300-374. W. Ostwald, Elektrochemische Studien. IV. Die elektrische Leitfähigkeit der Basen, *Journal für praktische Chemie*, 33 (1885) p. 352-370. W. Ostwald, Elektrochemische Studien. V. Über das Gesetz von F. Kohlrausch, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 74-86 en p. 97-109.
 - 4 Friedrich Kohlrausch, Ueber das Leitungsvermögen einiger Electrolyte in äusserst verdünnter wässriger Lösung, *Annalen der Physik und Chemie*, 26 (1885) p. 161-226.
 - 5 Martin Gröger, Die Entwicklung des Ostwald'schen Verdünnungsgesetzes in Zusammenarbeit von Ostwald, Arrhenius und Van 't Hoff, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Grossbothen e. V.*, 4 (1998) p. 52-62, p. 58-59.
 - 6 J.H. van 't Hoff, Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 481-508.
 - 7 Svante Arrhenius, Über die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 631-648.
 - 8 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Zweiter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927) p. 29. 'In meinem Geist hatte nämlich die [...] gegenseitige Hilfe beider Lehren alsbald den naheliegenden Schluß bewirkt, daß nunmehr die Gasgesetze auch zur Aufklärung der Gleichgewichte zwischen den Ionen angewendet werden können.'
 - 9 W. Ostwald, Zur Theorie der Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 36-37.
 - 10 W. Ostwald, Über die Dissociationstheorie der Elektrolyte, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 270-283. 'Selten hat ein glücklicher Gedanke in so hohem Masse Licht über weite und schwierige Gebiete geworfen, wie die von Planck und namentlich Arrhenius entwickelte Idee, dass die Elektrolyte in wässrigen Lösungen in meist ziemlich weitgehendem Masse in ihre Ionen dissociiert sind.'
 - 11 Max Planck, Ueber das Princip der Vermehrung der Entropie. Dritte Abhandlung, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 32 (1887) p. 462-503, p. 501.
 - 12 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 24 januari 1888, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). Van 't Hoff kon Ostwalds resultaten nog net meenemen aan het eind van een artikel dat in april verscheen. Zie: J.H. van 't Hoff, De osmotische druk, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 15 (1888) p. 1-7, p. 7.
 - 13 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 16 januari 1888, JHUA (Ms 74, box 2, folder 1).
 - 14 Vergunning tot het bijwonen van lessen aan Svante Arrhenius, 24 januari 1888, RMBA-VTH (No. 31). Twee weken later zouden de curatoren van de universiteit Arrhenius hiervoor 30 gulden in rekening brengen. Zie: Ontvangstbewijs voor de som van 30 gulden voor het college theoretische scheikunde van prof. Van 't Hoff, 6 februari 1888, JHUA (Ms 74, box 2, folder 1).
 - 15 Svante Arrhenius, Aus der Sturm- und Drangzeit der Lösungstheorien, *Chemisch Weekblad*, 10 (1913) p. 584-599, p. 595-596.
 - 16 Svante Arrhenius, Aus der Sturm- und Drangzeit, p. 596. 'Nun, wie steht es mit der Dissoziation? Ich habe viel darüber gerechnet, ob die Salze wohl bei Verdünnung dem Massenwirkungsgesetz folgen, aber es stimmt wirklich nicht.'

- 17 Svante Arrhenius, Electrolytic dissociation, *Journal of the American Chemical Society*, 34 (1912) p. 353-364, p. 362.
- 18 Svante Arrhenius, Electrolytic dissociation, p. 361-362.
- 19 W. Ostwald, Elektrochemische Studien. II. Das Verdünnungsgesetz, p. 433-462.
- 20 Toen een paar maanden later Ostwalds uitgebreide artikel in Amsterdam was binnengekomen, met daarin zijn meest recente metingen, bleek dat met name voor boterzuur de eerder geconstateerde afwijkingen nog steeds bestonden en dat Ostwalds verdunningswet dus niet zo algemeen opging als hij zelf wel claimde.
- 21 Daarbij zorgden ze er ook voor dat het gebruikte gedestilleerd water vrij was van ook maar de geringste sporen van ammoniak, door het water te destilleren over fosforzuur.
- 22 J.H. van 't Hoff en L.Th. Reicher, Über die Dissociationstheorie der Elektrolyte, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 777-781. 'Kein einziger Fall von gewöhnlicher Dissociation ist innerhalb so weiter Grenzen geprüft worden.'
- 23 W. Ostwald, Zur Theorie der Lösungen, p. 37. '[Die Formel] führt auch zu numerischen Ergebnissen, die zum Teil vollständig stimmen, zum Teil Abweichungen aufweisen, deren Betrag von der Größenordnung derjenigen ist, welche man an Gasen konstatirt hat.'
- 24 Later zou hij uit de metingen van Ostwald aan verschillende zuren de affiniteit van elk zuur berekenen volgens een eerder in zijn *Handlingar*-artikel (p. 54. Eq. (3)) afgeleide formule. Zie: J.H. van 't Hoff, Über die Beziehung zwischen der Affinität in absolutem Mass und Ostwald's Affinitätsgrößen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 3 (1889) p. 608-610.
- 25 John Wolfenden, The anomaly of strong electrolytes, *Ambix*, 19 (1972) p. 175-196.
- 26 Svante Arrhenius, Über die Dissociationswärme und den Einfluss der Temperatur auf den Dissociationsgrad der Elektrolyte, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 4 (1889) p. 96-116, p. 104. 'Für [starke Elektrolyten] ist nämlich aus bisher nicht klar gelegten Gründen die Dissociationsformel nicht streng gültig.'
- 27 Max Rudolphi, Über die Gültigkeit der Ostwaldschen Formel zur Berechnung der Affinitätskonstanten, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 17 (1895) p. 385-426.
- 28 J.H. van 't Hoff, Ueber das Verdünnungsgesetz bei Salzen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 18 (1895) p. 300-304. Hierop werd direct gereageerd door Friedrich Kohlrausch, die een nog eenvoudiger formule voorstelde. Zie: F. Kohlrausch, Über die Formel von van 't Hoff für das Verdünnungsgesetz bei Salzen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 18 (1895) p. 662.
- 29 John Wolfenden, The anomaly of strong electrolytes, p. 175-196.
- 30 H.A.M. Snelders, The historical background of Debye and Hückel's theory of strong electrolytes, *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series B*, 89 (1986) p. 79-94.
- 31 P. Debye en E. Hückel, Zur Theorie der Elektrolyte. I. Gefrierpunktserniedrigung und verwandte Erscheinungen, *Physikalische Zeitschrift*, 24 (1923) p. 185-206. P. Debye en E. Hückel, Zur Theorie der Elektrolyte. II. Das Grenzgesetz für die elektrische Leitfähigkeit, *Physikalische Zeitschrift*, 24 (1923) p. 305-325.
- 32 Svante Arrhenius, Theorie der isohydrischen Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 284-295.
- 33 J.H. van 't Hoff, Sur les exceptions connues à la loi de Raoult, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Troisième Série*, 5 (1891) p. 932.
- 34 Svante Arrhenius, Über den Gefrierpunkt verdünnter wässriger Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 491-505, p. 491.
- 35 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 2 februari 1888, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem*

wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 43. 'Die Holländer scheinen, so viel ich jetzt urtheilen kann, kein Bedürfnis nach geselligem Verkehr in Kneipen zu haben, sie trinken auch beinahe nichts; sondern wenn sie sich amüsiren wollen, gehen sie in elendes TINGEL-TANGEL, wovon hier Unmassen giebt. [...] Es soll nämlich hier auch sehr gute Vergnügungen geben, wie Theater (beide deutsches und französisches), Concerte (klassische und populäre) etc. Es wird doch langweilig werden allein dahin gehen zu müssen.'

- 36 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 2 februari 1888, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 43.
- 37 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 30.
- 38 E. Wiedemann, Über die Hypothese der Dissociation der Salze in sehr verdünnten Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 241-242.
- 39 W. Ostwald, Bemerkungen zu dem vorstehenden Aufsatz, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 243-244.
- 40 Max Planck, Über die Hypothese der Dissociation der Salze in sehr verdünnten Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 343.
- 41 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 30. 'Sie setzten ihre Angriffe in privaten Äußerungen und Beeinflussungen der Studentenschaft fort.'
- 42 Max Planck, Persönliche Erinnerungen aus alten Zeiten, *Die Naturwissenschaften*, 33 (1946) p. 230-235, p. 233. 'Besonders die Vorstellung, dass z.B. in einer Kochsalzlösung freie Natriumatome sich herumbewegen, sei für jeden, der etwas chemisch denken könne, geradezu unannehmbar.'
- 43 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 50. 'Stille Gegnerschaft gegen die neue Richtung.'
- 44 Ibidem, p. 51. 'Zufälliger Praktikanten, welche sich hier anmeldeten, weil in dem anderen die Plätze bereits alle besetzt waren [...]. Das waren meist durchschnittliche Köpfe, wie sie hernach, von der hochentwickelten chemischen Industrie in großer Zahl mit gutem Nutzen gebraucht werden.'
- 45 Ibidem, p. 121.
- 46 Ibidem. 'In einem positiv geladenen Elektrolyt ein Überschuss an positiv geladenen Ionen, z.B. Wasserstoffionen bei einer Säure, vorhanden sei.'
- 47 J.H. van 't Hoff, The function of osmotic pressure in the analogy between solutions and gases, *Philosophical Magazine*, 26 (1888) p. 81-105.
- 48 Deze weergave van het ontstaan en de uitvoering van 'Ostwald's crucial experiment' is ontleend aan: Morris W. Travers, *A life of Sir William Ramsay* (Edward Arnold Publishers, London, 1956) p. 89-91.
- 49 William B. Ramsay, *A system of inorganic chemistry* (J. & A. Churchill, London, 1891) p. 623-624. 'Point to the dissociation of the salt into the ions of which it is composed, that is, the products which are obtained from it under the influence of an electric current.'
- 50 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 121-122.
- 51 Wilhelm Ostwald en Walther Nernst, Über freie Ionen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 3 (1889) p. 120-130.
- 52 Letter from prof. Ostwald to Dr. Ramsay, *The Electrician*, March 1, 1889, p. 493-494.
- 53 Wilhelm Ostwald, Verhandlungen über die Theorie der Lösungen. Aus dem Bericht über die Versammlung der British Association for the Advancement of Science vom September 1890 zu Leeds, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 7 (1891) p. 378-426, p. 410.
- 54 William Tilden, *Sir William Ramsay. Memorials of his life and work* (McMillan and Co. Ltd., London, 1918) p. 117.

- 55 Oliver Lodge, Critical analysis of the 'Récherches sur la conductibilité galvanique des électrolytes' par Svante Arrhenius, *Report of the 56th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Birmingham in September 1886* (John Murray, London, 1887) p. 357-362. Oliver Lodge, Critical analysis of the 'Théorie chimique des électrolytes' par Svante Arrhenius, *Report of the 56th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Birmingham in September 1886* (John Murray, London, 1887) p. 362-384.
- 56 Reactie van Henry Armstrong op de brief van Arrhenius aan Oliver Lodge, in: *Sixth circular of the committee on Electrolysis of the British Association of the Advancement of Science*, mei 1887, p. 24. 'I have some difficulty in believing that KOH should [...] be dissociated to the extent of 93%. [...] If water be capable of producing dissociation to the extent suggested, it is not reasonable to suppose that so active a substance takes no part in the electrolysis proper!'
- 57 Een uitgebreide weergave van al die verschillende discussies is te vinden in: R.G.A. Dolby, Debates over the Theory of Solution: A Study of Dissent in Physical Chemistry in the English-Speaking World in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries, in: *Historical studies in the physical sciences Vol. 7* (Ed. Russell McCormach, Princeton University Press, Princeton, 1976) p. 297-404.
- 58 Dimitri Mendeleev, Über die nach den Veränderungen des spezifischen Gewichtes beurtheilte chemische Association der Schwefelsäure mit Wasser, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 19 (1886) p. 379-389.
- 59 Mendeleev nam op bepaalde punten de afgeleide van de grafiek van de dichtheid als functie van de concentratie.
- 60 Pickering werd door de Ioniërs gekscherend 'Knickering' genoemd, vanwege zijn grote voorliefde voor curves met zoveel mogelijk knikken erin. Zie: Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 128.
- 61 Svante Arrhenius, Electrolytic dissociation versus Hydration, *Philosophical Magazine*, 28 (1889) p. 30-38. 'The mode of representation entirely lacks experimental foundation.' Dat Mendeleev de dissociatietheorie van Arrhenius niet accepteerde, zou hem nog duur komen te staan. Arrhenius zou zich namelijk in de jaren 1905-1906 ontpoppen tot een van de felste tegenstanders van de toekenning van de Nobelprijs voor Scheikunde aan Mendeleev voor diens ontdekking van het Periodiek Systeem: Mendeleev zou de Nobelprijs nooit krijgen. Zie: Robert Marc Friedman, *The Politics of Excellence. Behind the Nobel Prize in Science* (Henry Holt and Company, New York, 2001) p. 31-34.
- 62 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 11 augustus 1890, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 69-71.
- 63 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 129. 'Als eine sehr erwünschte und günstige Gelegenheit, das neue Evangelium unter die Heiden zu tragen.'
- 64 Op 21 juli 1889 was Van 't Hoff's tweede zoon Govert Jakob geboren. Ostwald had vijf kinderen.
- 65 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 1 augustus 1890, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 226-227. 'Ich höre wir werden einen Angriff zu bestehen haben, seitens Armstrong und Pickering, vielleicht auch Fitzgerald; nehmen Sie also Ihr Wörterbuch mit.'
- 66 Ook met het uitspreken van Engelse woorden had Ostwald problemen. Jaffe vermeldt hoe hij zijn mond vulde met beschuit om het woord 'the' op de juiste manier uit te spreken. Zie: Bernard Jaffe, *Crucibles: The story of chemistry. From ancient alchemy to nuclear fission* (Premier Books, Greenwich Connecticut, 1960) p. 149.
- 67 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 132-135.

- 68 Spencer Umfreville Pickering, The nature of solutions, as elucidated by the freezing points of sulphuric acid solutions, *Journal of the Chemical Society*, 57 (1890) p. 331-369.
- 69 Svante Arrhenius, Communication, read by James Walker, *Report of the 60th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Leeds in September 1890* (John Murray, London, 1891) p. 323-325, p. 325. 'Instead, then, of these experiments of Mr. Pickering finally disproving "all existing physical [sic!] theories of solution", and in especial [sic] "the theory of osmotic pressure", they afford the most striking proof of the applicability of van 't Hoff's theory and the hypothesis of electrolytic dissociation to dilute solutions, with which alone these theories have hitherto been concerned.'
- 70 In een veel later verschenen bespreking van het wetenschappelijk werk van Pickering schreef Armstrong: 'The physical chemist has been neither chemist nor physicist at heart. [...] The mutation from chemist to physical chemist certainly seems to have involved the loss of the primary factor in chemistry: chemical feeling.' Zie: Henry E. Armstrong, The nature of solutions, *Nature*, 121 (1928) p. 48-51, p. 51.
- 71 Discussion on the theory of solution, *Report of the 60th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Leeds in September 1890*, p. 311-338, p. 335.
- 72 Henry E. Armstrong, *The art and principles of chemistry* (Ernst Benn Ltd., London, 1927) p. xix-xx. 'He talked people into believing first in Arrhenius and then in van 't Hoff, two impulsive young people, inexperienced as chemists, who had the genius to start thinking for themselves, though on rather loose premises. Ostwald made himself their henchman and trumpeter. He wrote books about them and started a journal to carry on the cult. He then founded not a mere Mustard Club but an Ionic Suicide Club, a molecular Ku-Klux-Klan.' Zie ook: Richard E. Rice, Henry Armstrong on the Offensive: Association as an Alternative to Dissociation, *Ambix*, 51 (2004) p. 5-21.
- 73 Morris W. Travers, *A life of Sir William Ramsay*, p. 93. 'A gallant but perverse champion of lost causes.'
- 74 Een van de best bewaarde cisterciënzer abdijen in Engeland, gelegen op het landgoed van Studley Royal.
- 75 William Tilden, *Sir William Ramsay*, p. 117. 'The discussion began at luncheon when Fitzgerald raised the question of the molecular integrity of the salt in the soup and walked round the table with a diagram to confound van 't Hoff and Ostwald. After luncheon the party adjourned to the garden and was gradually increased by the arrival of strolling philosophers until it assumed quite large proportions.'
- 76 Morris W. Travers, *A life of Sir William Ramsay*, p. 93. 'He is even nicer than van 't Hoff, and that is saying a good deal.'
- 77 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 15 november 1890, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Auch ich hatte für Beantwortung von Pickering eine ziemlich ausführliche Rede vorbereitet, aber der Präsident erlaubte mir das Wort erst spät am Tage, wo alles schon aufs Lunch gespannt war, denn schon eine Stunde früher wurde jedermann gebeten, nicht länger als 10 Minuten wegen des Luncheons zu sprechen; ich war der Meinung, dass Bekanntes zu essen besser ist als Unbekanntes zu hören, und so war ich sehr kurz. Alles war doch schließlich kaum der Mühe wert und machte auf mich den Eindruck einer Komödie, wo die Anti-Osmotiker versuchen, in passender Haltung die Weltbühne zu verlassen.'
- 78 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 135-136. 'Das Gespräch wurde sehr lebendig, und schließlich gelang es van 't Hoff und mir, einige unserer Gegner zu überzeugen. Es waren natürlich die besten Köpfe.' 'So verschwand die "Hydrattheorie" unvermerkt gänzlich aus dem Gesichtsfelde.'
- 79 R.G.A. Dolby, Debates over the Theory of Solution, p. 354-373.

- 80 Elisabeth Crawford, *Arrhenius. From Ionic Theory to the Greenhouse Effect* (Science History Publications/USA, 1996) p. 95.
- 81 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 25 maart 1891, JHUA (Ms 74, box 2, folder 1).
- 82 Ibidem. 'Diese eselhafte Unverschämtheit sollte nicht ungestraft bleiben.'
- 83 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 29 maart 1891, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 237.
- 84 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 27 maart 1891, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Man kann nicht auf einmal die Meinungen zwingen, schadet öfters sogar durch den Versuch dazu; persönliche Gereiztheit entwickelt sich dann und verdirbt viel: nur wenn eine Sache totgeschwiegen wird, da ist mit Diskussion zu gewinnen. [...] Auch ist mit der elektrolytischen Dissoziation keine Eile, was sind Sie schon in fünf Jahr weit gekommen, und wie gewinnt die Sache täglich an Anerkennung. [...] Ich denke, wir müssen die Sachen nicht forcieren aber dieselbe etwas heranwachsen lassen und das beste was wir tun können ist dass wir mit unanfechtbaren, gediegenen Arbeiten, sei es gar auf etwas anderen Gebiete kommen, damit auch die parteiisch abgeneigten sehen dass wir doch gar so verrückt nicht sind.'
- 85 Wilhelm Ostwald, *Verhandlungen über die Theorie der Lösungen*, p. 378-426.
- 86 Ostwald hield lezingen over de nieuwe ontwikkelingen in de fysische chemie tijdens de *Naturforscherversammlungen* in Bremen (1890) en Halle (1891). Zie: Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Zweiter Theil*, p. 116-119.
- 87 David Cahan, Helmholtz and the shaping of the American physics elite in the Gilded Age, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 35 (2004) p. 1-34.
- 88 John W. Servos, *Physical chemistry from Ostwald to Pauling. The making of a science in America* (Princeton University Press, Princeton, 1990) p. 111-114.
- 89 Na zijn verblijf in Leipzig werkte Walker eerst aan de Universiteit van Edinburgh en in Ramsays laboratorium aan het University College London, om uiteindelijk in 1894 een eigen onderzoeksgroep te beginnen aan het University College Dundee.
- 90 August Horstmann, Referate, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21 (1888) p. 43-45.
- 91 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 11 augustus 1890, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 69.
- 92 Leo Koenigsberger, *Hermann von Helmholtz. Zweiter Band* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1902) p. 298. 'Diese Theorien haben sich schon vielfältig als höchst fruchtbar erwiesen und zu einer Menge thatsächlich richtiger Folgerungen geführt, obgleich in ihnen einige willkürliche Annahmen stecken, die mir nicht erwiesen erscheinen.'
- 93 William B. Ramsay, *A system of inorganic chemistry*, p. 623-624.
- 94 Lothar Meyer, *Grundzüge der theoretischen Chemie* (Breitkopf & Härtel, Leipzig, 1890) p. 162 e.v.
- 95 Brief van Nernst aan Ostwald, 15 november 1890, in: Regine Zott, *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst in ihren Briefen sowie in denen einiger Zeitgenossen* (Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 1996) p. 15-18. 'Ich habe das Dings dieser Tage gelesen, und so gering die Erwartungen waren, mit denen ich es in die Hand nahm, sie wurden doch noch sehr enttäuscht. [...] Die glänzende Entdeckung van 't Hoff's, die Formel $.0,02C_2/l$ ist also an Meyer spurlos vorübergegangen, wie er van 't Hoff überhaupt in schmählicher Weise ignoriert.'
- 96 J.F. Eykman, Zur kryoskopischen Molekulargewichtsbestimmung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 4 (1889) p. 497-519.

- 97 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 14 mei 1897, RMBA (a97).
- 98 J.H. van 't Hoff, Über feste Lösungen und Molekulargewichtsbestimmung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 322-339, p. 322.
- 99 Van Bijlert promoveerde op 6 mei 1891 op een proefschrift getiteld 'Eenige waarnemingen op kryoscopisch gebied'. Zie: A. van Bijlert, Einige Beobachtungen auf kryoskopischem Gebiet, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 8 (1891) p. 343-366.
- 100 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 22 oktober 1896, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 261. 'Das ist schließlich ein wahres Pech, für ein Bischen Autorität gehalten zu werden, man wird dann verantwortlich gemacht für jede Diskrepanz.'
- 101 H.A.M. Snelders, J.H. van 't Hoff's theorie van de vaste oplossingen (1890), *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 8 (1985) p. 49-57.
- 102 J.H. van 't Hoff, Die Rolle des osmotischen Druckes, p. 482-483. 'Ist doch der Mechanismus, welcher nach unsern jetzigen Auffassungen Spannkraft bei Gasen und osmotischen Druck bei Lösungen veranlasst, im wesentlichen gleich: es handelt sich im ersten Falle um die Stöße der Gasmoleküle an die Gefäßwand, im letzteren um diejenigen der Moleküle vom gelösten Körper an die halbdurchlässige Membran, da ja die des beiderseitig an wesenden Lösungsmittels, als hindurchgehend, nicht in Betracht kommen.'
- 103 J.H. van 't Hoff, Die Rolle des osmotischen Druckes, p. 481.
- 104 M. Pupin, *Der osmotische Druck und seine Beziehung zur freien Energie* (Inaugural Dissertation, Buchdruckerei von Gustav Schade, Berlin, 1889).
- 105 Dat de osmotische druk de door Pupin berekende waarden kan bereiken is volkomen juist. Maar of een fles als gevolg daarvan ontploft of niet, is een kwestie van kinetiek, de snelheid waarmee de ene evenwichtstoestand overgaat in de andere, en daar zegt de grootte van de osmotische druk niets over.
- 106 M. Pupin, *Der osmotische Druck*, p. 38. 'Die von Clausius und Williamson zuerst aufgestellte Hypothese der electrolytischen Dissociation [soll] eine Folge des osmotischen Druckes sein, das heisst der Stöße der Salzmolekel gegen die Gefäßwände und gegen einander.'
- 107 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 7 juni 1890, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 66.
- 108 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 13 augustus 1889, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 55. 'Beschloß Nernst auch die Annalen als Schlachtfeld zu erwählen und hält bis es losgeht sein Pulver trocken.'
- 109 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 13 augustus 1889, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 55. 'Aus diesem Grund versprach er auch bei seiner Durchreise durch Berlin Kundt in keiner Weise ahnen zu lassen, wie gräßlich er Hrn. Pupin vernichten wird, damit P. sich nicht vorsichtiger in den Annalen als in seiner Doktorschrift benimmt.'
- 110 Walther Nernst, Referat, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 4 (1889) p. 590-592, p. 591. 'Grobe Nachlässigkeit' en 'mangelndes Verständnis'.
- 111 Lothar Meyer, Über das Wesen des osmotischen Druckes, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 23-27.
- 112 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 5 augustus 1890, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Von Lothar Meyer erhielt ich ein Schreiben, das ich äußerlich für Glückwunsch ansah, das mir aber die Ankündigung

- eines Angriffs auf den osm. Trycket innehielt. Nachdem Pupin im Feuer gewesen, kommt jetzt die ganze alte Garde.'
- 113 Lothar Meyer, Über das Wesen des osmotischen Druckes, p. 23-27.
 - 114 J.H. van 't Hoff, Über das Wesen des osmotischen Drucks. Antwort an Lothar Meyer, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 174-176. 'Molekularstoss des gelösten Körpers.' 'Nur als Mittel [benutzt], um die Einsicht in benannte Analogie zu erleichtern.'
 - 115 *Report of the 60th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Leeds in September 1890*, p. 335-336, p. 336. Dat Van 't Hoff meer dan eens verwees naar het werk van Van der Waals ter ondersteuning van zijn theorie, bracht Kamerlingh Onnes tot de bewering dat 'Van 't Hoff meer dan algemeen bekend is dank verschuldigd is aan de wetenschappelijke invloed van Van der Waals'. Zie: A.Ya. Kipnis, B.E. Yavelov en J.S. Rowlinson, *Van der Waals and molecular science* (Oxford University Press, Oxford, 1996) p. 114.
 - 116 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 5 januari 1890, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Dies wird wohl manchen Physiker beruhigen.'
 - 117 J.D. van der Waals, Théorie moléculaire d'une substance composée de deux matières différentes, *Archives Néerlandaises*, 24 (1891) p. 1-56.
 - 118 J.D. van der Waals, Molekulartheorie eines Körpers, der aus zwei verschiedenen Stoffen besteht, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 133-173.
 - 119 William Ramsay, The Passage of Hydrogen through a Palladium Septum, and the Pressure which it produces, *Philosophical Magazine*, 38 (1894) p. 206-218.
 - 120 Lothar Meyer, Zur Theorie der Lösungen, *Sitzungsberichte der Königlichen Preussischen Akademie von Wissenschaften*, 48 (1891) p. 993-1009.
 - 121 Lothar Meyer, Zur Theorie der Lösungen, p. 1008. 'Es geht wohl aus diesen Zusammenstellungen zur Genüge hervor, dass die Van 't Hoff'sche Theorie eine zu weit gehende und darum unhaltbare Verallgemeinerung verschiedener, an sich sehr werthvoller Wahrnehmungen ist.'
 - 122 Brief van Ostwald aan Arrhenius, 2 januari 1892, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 104. 'Eben hat Loth[ar] Meyer einen sehr dummen Artikel über den Osmotischen Druck geschrieben. Es ist ein Jammer um den alten Mann. Solche Thatsachen bestärken mich mehr und mehr in dem Entschluß, rechtzeitig meinen Abschied zu nehmen, wenn meine Kräfte, und die Fähigkeit, neues zu verstehen, im Alter geringer werden.'
 - 123 Brief van Arrhenius aan Ostwald, 14 januari 1892, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 104-105.
 - 124 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 8 januari 1892, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 240. 'Aber im Interesse der Sache darf man es ihm nicht hingehen lassen. Sie als der zunächst Angegriffene haben das Recht und die Pflicht dazu, und werden es voraussichtlich höflicher machen, als wir anderen.'
 - 125 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 15 januari 1892, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 241.
 - 126 Brief van Aronstein aan Van Bemmelen, 24 februari 1892, RMBA (a99).
 - 127 Lothar Meyer, Über den sogenannten osmotischen Druck, *Annalen der Physik*, 282 (1892) p. 167-168.
 - 128 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 5 april 1892, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Aber schließlich, in einer Umgebung wie von Ihnen und Ostwald, bekommt man auch Lust zum Mitklopfen.'

- 129 J.H. van 't Hoff, Zur Theorie der Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 9 (1892) p. 477-486.
- 130 Francis Bacon, *Novum Organum* (1620), hoofdstuk 1, stelling xx. 'Gestit enim mens exsilire ad magis generalia, ut acquiescat et post parvam moram fastidit experientiam.'
- 131 J.H. van 't Hoff, Zur Theorie der Lösungen, p. 477.
- 132 J.H. van 't Hoff, Zur Theorie der Lösungen, p. 479.
- 133 J.H. van 't Hoff, Zur Theorie der Lösungen, p. 485.
- 134 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 7 april 1892, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 243.
- 135 Brief van Lothar Meyer aan Ostwald, 5 januari 1892, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 94, noot 1.
- 136 Brief van Lothar Meyer aan Ostwald, 8 mei 1892, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2). 'In unserm beiderseitigen persönlichen [Interesse] und im Interesse der Sache müsste ich jedoch wünschen, dass H[err] v't H. diesen Ton ein wenig änderte, was ich meinerseits natürlich nicht verlangen kann, was aber vielleicht Sie als Herausgeber zweckmäßig finden.'
- 137 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 14 mei 1892, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 244. 'Mir ist Polemik ohnehin widerwärtig und Lothar Meyer halte ich in sehr hoher Verehrung, aber wo Sie und Arrhenius fortwährend im Feuer sind, will ich als guter Kamerad nicht einfach zusehen.'
- 138 George Francis Fitzgerald, Helmholtz Memorial Lecture, *Journal of the Chemical Society. Transactions*, 69 (1896) p. 885-912, p. 903.
- 139 Lord Rayleigh, The theory of solutions, *Nature*, 55 (1897) p. 253-254.
- 140 Lord Kelvin, On osmotic pressure against an ideal semipermeable membrane, *Nature*, 55 (1897) p. 272-273.
- 141 J. Willard Gibbs, Semipermeable films and osmotic pressure, *Nature*, 55 (1897) p. 461-462. Het mengsel heeft een hogere entropie (wanorde) dan het pure oplosmiddel en die entropietoename zorgt ervoor dat het extra oplosmiddel de oplossing binnenstroomt.
- 142 Max Planck, Über den osmotischen Druck, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 6 (1890) p. 187-188.
- 143 Ludwig Boltzmann, Die Hypothese von Van 't Hoff über den osmotischen Druck vom Standpunkt der kinetische Gastheorie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 6 (1890) p. 474-480. Ludwig Boltzmann, Nachtrag zur Betrachtung der Hypothese von 't Hoff's vom Standpunkte der kinetischen Gastheorie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 7 (1891) p. 88-90.
- 144 H.A. Lorentz, Over de moleculaire beweging van opgeloste stoffen, *Verslagen en Mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde Derde reeks*, 6 (1888-1889) p. 337-338. H.A. Lorentz, Zur Molekulartheorie verdünnter Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 7 (1891) p. 36-54.
- 145 Paul Langevin, L'interprétation cinétique de la pression osmotique, *Journal de chimie physique*, 10 (1912) p. 524 en p. 527.
- 146 Paul Ehrenfest, On the kinetic interpretation of the osmotic pressure, *Proceedings of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, 17 (1915) p. 1241-1245.
- 147 P. Debye, Kinetische Theorie der Gesetze des osmotischen Drucks bei starken Elektrolyten, *Physikalische Zeitschrift*, 24 (1923) p. 334-338. P. Debye, Théorie cinétique des lois de la pression osmotique des électrolytes forts, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 42 (1923) p. 597-604.

- 148 J.H. van 't Hoff, De physiologische beteekenis der jongste stroomingen op natuur- en scheikundig gebied, *Handelingen van het Derde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres (gehouden te Utrecht op den 3den en 4den April 1891)* (J. van Boekhoven, Utrecht, 1891) p. 26-36, p. 35.
- 149 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 22 januari 1893, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Bei dem ziemlich großen Aufwand an mathematischer Entwicklung die kinetische Theorie kaum die jetzt verlangten 4% Kapitalzinsen liefert.'
- 150 H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1993) p. 142-144. H.A.M. Snelders, J.H. van 't Hoff en de fasenleer, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 9 (1986) p. 10-24. In een lezing voor de Deutsche Chemische Gesellschaft achtte hij het belang dat aan de fasenregel van Gibbs werd gehecht enigszins overdreven. Zijn eigen 'loi de l'incompatibilité des systèmes condensés', die hij in de *Études* had geformuleerd zou de fasenregel dekken en in veel opzichten zelfs verder gaan. Zie: J.H. van 't Hoff, Die Phasenlehre. Vortrag, gehalten vor der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin am 29. Nov. 1902, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 35 (1902) p. 4252-4264.
- 151 Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff, *Eigen Haard* (1891) p. 725-727, p. 727.
- 152 Ibidem, p. 727.
- 153 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 27 maart 1891, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Ich für mich mache mich auf Diskussionen nicht viel; einerseits habe ich nicht so das Bedürfnis daß anderen meine Meinung zugethan sind; andererseits habe ich den Eindruck daß man auf die Dauer mit Diskussionen nicht viel weiterkommt; das ruhige fort arbeiten und zur Zeit mitteilen der Resultate, darauf kommt es an.'
- 154 J.W. Doyer Jzn., H. Ekama en P. Molenbroek, Rapport over de electrolytische dissociatie, uitgebracht door de commissie, benoemd in de Vergadering der Sectie voor natuur- en scheikunde van het Natuur- en Geneeskundig Congres, op 4 april 1891, *Handelingen van het vierde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Groningen op den 7den en 8sten April 1893* ('s-Gravenhage, 1893) p. 1-58, en voor Van 't Hoff's reactie en verdere discussie over de kwestie op p. 95-98.

14 Naar Berlijn

- 1 Max Conrat, Rectoraatsrede Universiteit van Amsterdam, september 1896.
- 2 Een belangrijke rol in het ophelderen van de gebeurtenissen rond het vertrek van Van 't Hoff naar Berlijn speelt een serie van zeventig documenten en brieven uit het archief van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Ze werden bijna twintig jaar na de affaire (in november 1914) ingebracht door de astronoom H.G. van de Sande Bakhuyzen, in 1895 voorzitter van de Afdeling Natuurkunde van de Akademie. In een begeleidend schrijven gaf hij aan dat hij persoonlijk de onderhandelingen had gevoerd en zijn medeleden in het bestuur daarvan zo goed mogelijk op de hoogte had gehouden. Echter, 'Bepaalde handelingen zijn niet van het Bestuur uitgegaan, zoodat in de notulen der bestuursvergaderingen slechts korte aantekeningen omtrent deze zaak voorkomen, en bijna de gehele briefwisseling over deze onderhandelingen bij [mij] berust.' Deze belangrijke documenten, deels originelen, deels door Van de Sande Bakhuyzen overgeschreven versies, schetsen de cruciale rol die de Akademie in deze affaire speelde. Zie: Noord-Hollands Archief, KNAW archief (NL-HlmNHA_64_234_108 tot 246, Van 't Hoff Fonds).

- 3 Visitekaartje Max Planck, 9 december 1894, RMBA-VTH (No. 9). 'Professor Dr. Max Planck wird sich erlauben, morgen Montag früh vor 9 Uhr ins Institut zu kommen, u. bittet um die Erlaubniss, das Colleg zu hören.'
- 4 Regine Zott, Ein Niederländer in Berlin. Jacobus Henricus van 't Hoff zum 150. Geburtstag, *Dahlemer Archivgespräche*, 8 (2002) p. 37-56, p. 47-48.
- 5 Brief van minister Bosse aan de Philosophische Fakultät der Humboldt Universität, 5 december 1894, Geheime Staatsarchive Berlijn (UI-7808 Bl. 185). 'Sich gefälligst noch mit möglichster Beschleunigung darüber zu äussern ob nicht der ordentliche Professor Van d' Hoff [sic] in Amsterdamm [sic] für die ordentliche Professur in Experimentalphysik in Betracht zu ziehen sein wird.'
- 6 Bernard vom Brocke, Friedrich Althoff: A Great Figure in Higher Education Policy in Germany, *Minerva*, 29 (1991) p. 269-293. H. Scholz, Friedrich Althoffs Einfluß auf die Entwicklung der Chemie in Deutschland, in: *Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftspolitik im Industriezeitalter. Das 'System Althoff' in historischer Perspektive* (B. vom Brocke (ed.), Lax Verlag, Hildesheim, 1991) p. 337-354. Bernard vom Brocke, Friedrich Althoff: Forschungsstand und Quellenlage: Bemühungen um eine Biographie, in: *Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftspolitik im Industriezeitalter. Das 'System Althoff' in historischer Perspektive* (B. vom Brocke (ed.), Lax Verlag, Hildesheim, 1991) p. 15-44.
- 7 Jeffrey A. Johnson, Academic Self-Regulation and the Chemical Profession in Imperial Germany, *Minerva*, 23 (1985) p. 241-271, p. 245.
- 8 Ibidem, p. 246-247.
- 9 Brief van Kohlrausch aan Althoff, 8 december 1894, Geheime Staatsarchive Berlijn.
- 10 Brief van Althoff aan Van 't Hoff, 14 december 1894, Geheime Staatsarchive Preussischer Kulturbesitz, Berlijn (I. HA Rep. 76 Va Sekt. 2 Tit. IV Nr. 61 Bd. VII, 222).
- 11 Emil Fischer, *Aus meinem Leben* (Verlag von Julius Springer, Berlin, 1922) p. 142. 'Na Fischer, Sie werden sich wundern über den Pack Arbeit, den man hier einem Professor aufladet.'
- 12 Briefkaart van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 11 december 1894, RMBA-VTH (No. 9).
- 13 Brief van Bertha Kundt aan Van 't Hoff, 25 december 1894, RMBA-VTH (No. 9).
- 14 Brief van Planck aan Van 't Hoff, 25 december 1894, RMBA-VTH (No. 32).
- 15 Brief van Fischer aan Van 't Hoff, 19 december 1894, RMBA-VTH (No. 32).
- 16 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 21 december 1894, RMBA-VTH (No. 9).
- 17 Emil Fischer, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhandlungen der Königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1911) p. 1-16, p. 12. 'Dieser Holländer ist mir über.'
- 18 Regine Zott, Jacobus Henricus van 't Hoff: Sein Werdegang und sein Weg nach Berlin, in: *Mitteilungen der Fachgruppe Geschichte der Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker*, Nr. 16 (Frankfurt am Main, 2002) p. 47-74.
- 19 Brief van Gunning aan Van 't Hoff, 12 januari 1895, RMBA-VTH (No. 32).
- 20 Brief van Van 't Hoff aan Fischer, 11 januari 1895, Geheime Staatsarchive Berlijn (NL Althoff, Rep 92, B, Nr. 74, Bl. 45). 'In dieser Weise lindert sich vielleicht auch etwas der Eindruck von Geldwunsch, den ich wohl bei Ihnen und Herrn Althoff gemacht habe.'
- 21 Regine Zott, Ein Niederländer in Berlin, p. 37-56.
- 22 Ibidem.
- 23 Brief van Van 't Hoff aan Planck, 20 februari 1895, Geheime Staatsarchive Berlijn (NL Althoff, Rep 92, B, Nr. 74, Bl. 46-47). 'Falls ich in einem anderen Institut unterkommen muß, fürchte ich, daß auf die Dauer Beziehlichkeitsverhältnisse zwischen dem Direktor und mich für beide etwas drückend werden.' 'Ob es nicht geeignet wäre, daß

- ich in der Nähe von Berlin, wo noch der Bahn den regelmäßigen Verkehr in die Hauptstadt erlaubt und wo die Lebensverhältnisse wohl einfacher sind, eine Wohnung suche, wo auch noch die zwei Zimmer freibleiben können.' 'Ich vielleicht je nach Bedarf bei einem der Colleggen anklopfen könnte.'
- 24 Brief van Planck aan Van 't Hoff, 11 maart 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
 - 25 J.H. van 't Hoff, Openingsrede van het vijfde Ned. Natuur- en Geneeskundig Congres te Amsterdam, 19 april 1895, *Weekblad van het Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*, No. 17, 27 april 1895, p. 817-824.
 - 26 J.H. van 't Hoff, Openingsrede van het vijfde Ned. Natuur- en Geneeskundig Congres te Amsterdam, p. 823.
 - 27 Klaas van Berkel, *Citaten uit het boek der natuur. Opstellen over Nederlandse wetenschapsgeschiedenis* (Bert Bakker, Amsterdam, 1998) p. 149-189, p. 171.
 - 28 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 22 april 1895, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 251. 'Wo ich wohl öfters daran denke noch einmal nach Deutschland zu kommen, hat die reizende Lage der Stadt für mich eine ganz besondere Anziehung durch die Nähe des Schwarzwaldes.'
 - 29 Brief van Van 't Hoff aan B&W van Amsterdam, 2 mei 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1166).
 - 30 *Algemeen Handelsblad*, 7 mei 1895.
 - 31 Brief van B&W van Amsterdam aan het College van Curatoren, 4 mei 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1165) en Archief College van Curatoren (279_25-468). Brief van het College van Curatoren aan B&W van Amsterdam, 7 mei 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1166).
 - 32 Brief van het Amsterdamsch Studentencorps aan B&W van Amsterdam, 16 mei 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger (5191_1167).
 - 33 Notulen van de vergadering van het College van Curatoren, 17 mei 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief College van Curatoren (279_3-205-206).
 - 34 Brief van burgemeester Vening Meinesz van Amsterdam aan Van 't Hoff, 18 mei 1895, RMBA-VTH (No. 9).
 - 35 Brief van de Senaat der Amsterdamsche Universiteit aan het College van Curatoren, 31 mei 1895, RMBA-VTH (No. 9).
 - 36 Het werd sowieso een jaar van onderscheidingen, omdat Van 't Hoff op 15 januari was benoemd tot Ridder in de Orde van de Nederlandsche Leeuw en later dat jaar tot erelid zou worden benoemd van de Deutsche Elektrochemische Gesellschaft (7 juni), de American Academy of Arts and Sciences (9 oktober) en tot corresponderend lid van de Keizerlijke Akademie van Wetenschappen in Sint-Petersburg (29 december 1895).
 - 37 *Algemeen Handelsblad*, 31 mei 1895. 'Je n'ai pas entendu parler, jusqu'ici du moins, du désir qu'aurait M. van 't Hoff de venir à Paris, et il n'existe à ma connaissance aucun laboratoire de chimie qui n'ait son titulaire. Il serait certes une excellente acquisition pour notre faculté des sciences, mais la question n'est pas posée, et je craindrais que M. van 't Hoff ne trouvât pas ici une situation de l'ordre de celle qu'il occupe juste titre à Amsterdam.'
 - 38 J.H. van 't Hoff, De nieuwe elementen, Argon en Helium, *De Gids*, 59 (1895) p. 461-465.
 - 39 J.J. Blanksma, J.H. van 't Hoff en de ontdekking van argon en helium door Rayleigh en Ramsay, *Chemisch Weekblad*, 45 (1949) p. 473-474.
 - 40 Brief van Bernard Gompertz aan Cohen, 21 mei 1895, RMBA-VTH (No. 9).

- 41 Brief van Stokvis aan Van 't Hoff, 18 mei 1895, RMBA-VTH (No. 9).
- 42 Brief van Van 't Hoff aan Lorentz, 19 mei 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_627_043-046).
- 43 Opvallend is dat Van 't Hoff's naaste collega's aan de Gemeentelijke Universiteit, Gunning en Van der Waals, de petitie niet ondertekenden, terwijl toch Gunning er geen twijfel over heeft laten bestaan dat hij Van 't Hoff in Amsterdam wilde houden, en hem tegemoetkwam, bijvoorbeeld door colleges van hem over te nemen.
- 44 Brief van Lorentz aan V.A. Julius, 17 mei 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_38_087).
- 45 Brief van Van 't Hoff aan Lorentz, 19 mei 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_627_043-046).
- 46 Brief van Van 't Hoff aan Lorentz, 25 mei 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_627_039-041).
- 47 Brief van Gunning aan Van de Sande Bakhuyzen, 25 mei 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0246).
- 48 Brief van Gunning aan Van de Sande Bakhuyzen, 11 juni 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0236-238).
- 49 Regine Zott, Friedrich Theodor Althoffs Beziehungen zur Chemie, *Chemie unserer Zeit*, 42 (2008) p. 322-328.
- 50 Ibidem, p. 324-326.
- 51 Bernard vom Brocke, Friedrich Althoff, p. 282-283. Bijvoorbeeld in navolging van het Franse *Institut Pasteur* of de *Carnegie* en *Rockefeller Institutions* in de Verenigde Staten.
- 52 Ibidem, p. 282-283.
- 53 Geert Jan Somsen, 'Wetenschappelijk Onderzoek en Algemeen Belang'. *De chemie van H.R. Kruyt (1882-1959)* (Delft University Press, Delft, 1998) p. 177-178.
- 54 Leen Dorsman, Inleiding: Onderzoek in opdracht, in: *Onderzoek in opdracht. De publieke functie van het universitaire onderzoek in Nederland sedert 1876* (Redactie L.J. Dorsman en P.J. Knegtman, Verloren, Hilversum, 2007) p. 9-21, p. 16.
- 55 H.R. Kruyt, Samenwerking van wetenschap en industrie in Nederland, *Chemisch Weekblad*, 15 (1918) p. 418-426, p. 421.
- 56 A.J. Kox, Uit de hand gelopen onderzoek in opdracht: H.A. Lorentz' werk in de Zuiderzeecommissie, in: *Onderzoek in opdracht*, p. 39-52, p. 52. Frits Berends en Dirk van Delft, *Lorentz. Gevierd fysicus, geboren verzoener* (Prometheus, Amsterdam, 2019) p. 377-378.
- 57 Brief (afschrift) van Van de Sande Bakhuyzen aan Gunning, 30 mei 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0244).
- 58 Petitie van hoogleraren aan minister Van Houten (afschrift), Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_627_053).
- 59 Voor Van 't Hoff betekende dit zo'n 1200 gulden per jaar aan extra inkomsten. Zie: Staat van ontvangen inschrijvings- en lesgelden over de jaren 1887-1893, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Onderwijs en rechtsvoorganger. Ingekomen en concepten van uitgaande stukken (5191_1140).
- 60 Brief (afschrift) van Lorentz aan Van 't Hoff, 10 juni 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0239-241).
- 61 Brief van Van 't Hoff aan Lorentz, 16 juni 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_627_022-024).
- 62 Brief van Van 't Hoff aan Van de Sande Bakhuyzen, 25 juni 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0232-233).
- 63 Afschrift der Notulen van de vergadering van het Bestuur der Akademie, 27 juni 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0234-235).

- 64 Afschrift der Notulen van de vergadering van het Bestuur der Akademie, 11 juli 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_228).
- 65 Brief (afschrift) van Lorentz aan Matthes, 11 juli 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_627_022-051-52).
- 66 Brief van Van 't Hoff aan Lorentz, 16 juli 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_627_016-18).
- 67 Brief (afschrift) van Van 't Hoff aan Matthes, 22 juli 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0203).
- 68 Telegram van Julius aan Lorentz, 14 mei 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_38_117).
- 69 Braakensiek zou volgens een anekdote 'met vele vellen papier en groote, goed gescherpte potlooden' naar de collegezaal zijn getogen, maar moest na vellen volgetekend te hebben toegeven dat 'deze geeniale kop niet zoo te tekenen was, dat de afbeelding een weerschijn zou geven van den persoon'. Zie: A.A. Bosman, Prof.Dr. J.H. van 't Hoff, *De Revue der Uitvindingen en Ontdekkingen*, 1 (1904) p. 2-10.
- 70 Brief van Julius aan Lorentz, 16 mei 1895, Noord-Hollands Archief, Lorentz Archief (NL-HlmNHA_364_38_084).
- 71 Brief van Van 't Hoff aan het bestuur van de Amsterdamsche Studentensenaat Illustrissimus Senatus Studiosorum Amstelodamensium, 12 mei 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief van het Amsterdams Studenten Corps (1215_118).
- 72 Brief (afschrift) van Van 't Hoff aan Matthes, 22 juli 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0203).
- 73 Briefkaart van Matthes aan Wertheim, 23 juli 1895, RMBA-VTH (No. 9).
- 74 Brief van minister Van Houten aan Van de Sande Bakhuyzen, 30 juli 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0220-221).
- 75 Brief van Van de Sande Bakhuyzen aan Van 't Hoff, 2 augustus 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 76 Briefkaart van Van 't Hoff aan Van de Sande Bakhuyzen, 11 augustus 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0195-196).
- 77 Brief van Hesselink van Suchtelen aan Van 't Hoff, 28 augustus 1895, RMBA-VTH (No. 9).
- 78 Ibidem.
- 79 Brief van Van 't Hoff aan Van de Sande Bakhuyzen, 10 september 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0182-184).
- 80 Brief van Van de Sande Bakhuyzen aan Van 't Hoff, 16 september 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 81 Brief (afschrift) van Van de Sande Bakhuyzen aan Auwers, 29 augustus 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0194).
- 82 Brief van Auwers aan Van de Sande Bakhuyzen, 4 september 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0190-191).
- 83 Brief van Korteweg aan Van 't Hoff, 20 september 1895, RMBA-VTH (No. 32).
- 84 Brief van B&W van Amsterdam aan Van 't Hoff, 27 september 1895, RMBA-VTH (No. 9).
- 85 Brief (afschrift) van Van 't Hoff aan Korteweg, 21 september 1895, RMBA-VTH (No. 9).
- 86 Brief van Korteweg aan Van Bemmelen, 23 september 1895, RMBA (99a).
- 87 Brief van Van 't Hoff aan Van de Sande Bakhuyzen, 26 september 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0171-173).
- 88 Brief (afschrift) van Van 't Hoff aan Korteweg, 21 september 1895, RMBA-VTH (No. 9).
- 89 Brief (afschrift) van Van 't Hoff aan B&W van Amsterdam, 6 oktober 1895, RMBA-VTH (No. 9).
- 90 Brief (afschrift) van Van de Sande Bakhuyzen aan minister Van Houten, 10 oktober

- 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0170).
- 91 Brief van Gunning aan Van 't Hoff, 11 oktober 1895, RMBA-VTH (No. 32). Brief van Gunning aan de wethouder van Onderwijs, 14 oktober 1895, RMBA (a40).
 - 92 Brief (kopie) van Wertheim aan minister Van Houten, 26 oktober 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0148-149).
 - 93 Ibidem.
 - 94 Brief van minister Van Houten aan Wertheim, 27 oktober 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0146).
 - 95 Brief van Wertheim aan Van 't Hoff, 29 oktober 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
 - 96 De beschrijving van de reis die Van 't Hoff met zijn familie maakte door het Zwarte Woud en Zwitserland is ontleend aan twee reisdagboekjes die zijn vrouw Jenny en dochter Jenny jr. tijdens die reis hebben bijgehouden: Jenny van 't Hoff-Mees en Jenny van 't Hoff jr., *Voetreis 1895-1896 van Prof. Dr. J.H. van 't Hoff en zijn gezin door het Schwarzwald en Zwitserland. Dagboek van zijn dochter Jenny van 't Hoff en aantekeningen van zijn vrouw Jenny van 't Hoff-Mees, overgetypt en geannoteerd door hun kleindochter, resp. achterkleindochter Toni Johanna Nijhof-Brink*, 30 oktober 1895, VTH-HA.
 - 97 Brief van Lorentz aan Van 't Hoff, 29 oktober 1895, RMBA-VTH (No. 32).
 - 98 Brief van Matthes aan Van 't Hoff, 30 oktober 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
 - 99 Telegram van Fischer aan Van 't Hoff, 31 oktober 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
 - 100 Jenny van 't Hoff-Mees en Jenny van 't Hoff jr., *Voetreis 1895-1896*, VTH-HA.
 - 101 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 27 juli 1908, RMBA (a97).
 - 102 Jenny van 't Hoff jr., *Voetreis 1895-1896*, 25 juli 1895, VTH-HA.
 - 103 Jenny van 't Hoff jr., *Voetreis 1895-1896*, 16 augustus 1895, VTH-HA.
 - 104 Jenny van 't Hoff-Mees, *Voetreis 1895-1896*, VTH-HA.
 - 105 Jenny van 't Hoff jr., *Voetreis 1895-1896*, 20 augustus 1895, VTH-HA.
 - 106 Jenny van 't Hoff jr., *Voetreis 1895-1896*, 6 september 1895, VTH-HA.
 - 107 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 29 september 1895, RMBA (a97). 'Het voorwoord sluit ik in; [...] tevens voeg ik daarbij het concept-voorbericht dat gij mij indertijd gegeven hebt. Misschien wilt gij het in het Duitsch opschrijven, doch dat heeft natuurlijk nog den tijd.'
 - 108 J.H. van 't Hoff, Ueber das Verdünnungsgesetz bei Salzen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 18 (1895) p. 300-304.
 - 109 Jenny van 't Hoff jr., *Voetreis 1895-1896*, 29 augustus 1895, VTH-HA. 'Wij vroegen ter eere van Papa's verjaardag een photographietoestel.' Het toestel met bijbehoren werd op 9 september bezorgd.
 - 110 J.H. van 't Hoff, *Vorlesungen über Bildung und Spaltung von Doppelsalzen* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1897).
 - 111 Jenny van 't Hoff jr., *Voetreis 1895-1896*, VTH-HA.
 - 112 Brief van Wertheim aan Van 't Hoff, 27 oktober 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
 - 113 Brief van Van de Sande Bakhuyzen aan Wertheim, 6 november 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_0138).
 - 114 Het kan niet anders of Van de Sande Bakhuyzen refereert hier aan de oratie van Van 't Hoff over *De verbeeldingskracht in de wetenschap* uit 1878.
 - 115 Brief van Wertheim aan minister Van Houten, 7 november 1895, Nationaal Archief, Ministerie van Binnenlandse Zaken 2.04.26.02 367 #141.
 - 116 Brief van minister Van Houten aan Wertheim, 8 november 1895, Nationaal Archief, Ministerie van Binnenlandse Zaken 2.04.26.02 367 #141.
 - 117 Brief van Althoff aan Fischer, 15 oktober 1895, The Emil Fischer Papers (BANC MSS 71195Z), The Bancroft Library, University of California, Berkeley.

- 118 E. Fischer, Wahlvorschlag für Jacobus Hendricus van 't Hoff (1852-1911) zum O[rden-liches] M[itglied], in: *Chemiker über Chemiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822-1925, von Eilhard Mitscherlich bis Max Bodenstein* (Eds. Anneliese Greiner, Fritz Welsh, Wolfgang Girnus, Akademie-Verlag, Berlin, 1986) p. 135-136. 'Eine außergewöhnlich hohe Gehaltsbewilligung.' 'Unter den lebenden theoretischen Physikern und Chemikern einen der ersten Plätze einnimmt.' 'Der Schöpfer eines neuen, fruchtbaren Zweiges der Molekularphysik.' 'Sein Vortrag wird als klar und anregend geschildert.'
- 119 David Cahan, *Helmholtz. A life in science* (University of Chicago Press, 2018) p. 599-600.
- 120 E. Fischer, Wahlvorschlag, p. 135-136. 'Für Herrn van 't Hoff eine neue Lehrstelle an der Universität zu schaffen, ihm aber nur solche Verpflichtungen aufzuerlegen, daß seiner wissenschaftlichen Thätigkeit dadurch kein Eintrag geschieht.'
- 121 Brief van Fischer aan Van 't Hoff, 22 november 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 122 Brief van Auwers aan Althoff, 29 november 1895, Geheime Staatsarchief Berlijn (HA I, Rep. 76, Va, Sekt. 2, Tit. IV, Nr. 61, Bd. VIII, Bl. 50). 'Den Verlautbarungen nach sähe es günstig aus, doch könne natürlich niemand garantieren, dass nicht doch ein Dutzend "schwarze Kugeln" fielen.' Het stemmen over nieuwe leden gebeurde tijdens de *Kugelung*, waarbij de leden óf een witte óf een zwarte kogel afgaven, respectievelijk voor en tegen. Van 't Hoff kreeg 17 witte en 6 zwarte kogels.
- 123 Jenny van 't Hoff jr., Verblijf in R'dam, 5.1.96- 21.3.96, *Herinneringen van Jenny Behn-Van 't Hoff aan de periode kort na de voetreis van 1895-1896*, VTH-HA.
- 124 Brief van Van 't Hoff aan Van de Sande Bakhuyzen, 25 november 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlMnHA_64_234_0135-137).
- 125 Brief van Matthes aan Van de Sande Bakhuyzen, 29 november 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlMnHA_64_234_0135-133-134).
- 126 Brief van Wertheim aan Van de Sande Bakhuyzen, 29 november 1895, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlMnHA_64_234_0135-132).
- 127 Brief van Fischer aan Van 't Hoff, 5 december 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 128 Brief van Fischer aan Van 't Hoff, 17 december 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 129 Briefconcept van Van 't Hoff aan Fischer, 23 december 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 130 Brief van Fischer aan Van 't Hoff, 12 januari 1896, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 131 Brief van Van 't Hoff aan Van de Sande Bakhuyzen, 30 januari 1896, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlMnHA_64_234_108-109).
- 132 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 3 maart 1896, RMBA (a97).
- 133 Brief van B&W van Amsterdam aan Van 't Hoff, 17 december 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 134 Notulen van de faculteitsvergaderingen Wis- en Natuurkunde, 2 oktober 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen (1020_2).
- 135 Notulen van de faculteitsvergaderingen Wis- en Natuurkunde, 16 december 1895, Stadsarchief Amsterdam, Archief Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen (1020_2).
- 136 Brief van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen aan het College van Curatoren, 15 januari 1896, Stadsarchief Amsterdam, Archief College van Curatoren (279_26_592).
- 137 H. W. Bakhuis Roozeboom, *De wetenschappelijke beoefening der chemie en hare uitkomsten* (D. Donner, Leiden, 1896).
- 138 Brief van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen aan het College van Curatoren, 30 mei 1896, Stadsarchief Amsterdam, Archief College van Curatoren (279_26 #643) en Archief Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen (1020_57 #111-112).

- 139 Brief van Hoogewerff aan B&W van Amsterdam, 16 juni 1896, Stadsarchief Amsterdam, Archief College van Curatoren (279_26 #6667).
- 140 Ernst Cohen, *Na driekwart eeuw. Levensherinneringen* (Redactie Frits Broeyer en Leen Dorsman, Stichting Matijns, Utrecht, 2013) p. 61.
- 141 Ernst Cohen, *Chemie en chemische industrie te Amsterdam in den loop der eeuwen*, *Chemisch Weekblad*, 37 (1940) p. 486-502.
- 142 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 16 maart 1896, RMBA (a97).
- 143 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 16 september 1897, RMBA (a97).
- 144 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 16 maart 1896, RMBA (a97).
- 145 Aantekening van Van 't Hoff, 30 december 1895, RMBA-VTH (No. 9).
- 146 Brief van Cohen aan Lorentz, 17 mei 1915, RMBA.
- 147 Brief van Van de Sande Bakhuyzen aan Van 't Hoff, 16 september 1895, JHUA (Ms 74, box 2, folder 6).
- 148 Max Conrat, Rectoraatsrede Universiteit van Amsterdam, september 1896.
- 149 Klaas van Berkel, *De stem van de wetenschap. Geschiedenis van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Deel 1: 1808-1914* (Bert Bakker, Amsterdam, 2008) p. 508.
- 150 Ernst Cohen, Ter herinnering aan Jacobus Henricus van 't Hoff, *Nieuwe Rotterdamse Courant*, 17 april 1915. Ernst Cohen, *Chemisch Weekblad*, 12 (1915) p. 408-411.
- 151 Gepubliceerd in Ernst Cohen, *Chemie en chemische industrie te Amsterdam*, p. 486-502.
- 152 Ibidem.
- 153 Jean-Baptiste Colbert (1619-1683), een machtig minister van onder andere Financiën onder Lodewijk xiv, stelde jaarlijks 100.000 francs beschikbaar voor leden van de *Académie des Sciences* die zich bijzonder verdienstelijk hadden gemaakt, opdat zij zich vrij van besommeringen aan de wetenschap konden wijden. Een van de eersten die daarvan profiteerde was onze Christiaan Huygens.
- 154 Robert Peel (1788-1850) was tweemaal premier van Engeland en kende in die hoedanigheid Faraday een levenslang jaargeld toe van 100 pond per jaar, dat hem financieel onafhankelijk maakte.
- 155 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 353.
- 156 H.A. Lorentz, Van 't Hoff's vertrek uit Nederland, *Chemisch Weekblad*, 12 (1915) p. 515-516.

Berlijn 1895-1911

15 Berlijn en de Akademie

- 1 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, 21 maart 1898, RMBA-VTH (No. 12).
- 2 Arnt Cobbers, *Kleine Berlin-Geschichte. Vom Mittelalter bis zur Gegenwart* (Jaron Verlag, Berlin, 2008) p. 106-121.
- 3 De moeder van Jenny was al in 1891 overleden.
- 4 Jenny van 't Hoff jr., Verblijf in Rdam, 5.1.96- 21.3.96, *Herinneringen van Jenny Behn-Van 't Hoff aan de periode kort na de voetreis van 1895-1896*, VTH-HA.
- 5 Jenny van 't Hoff jr., Dagboek 26.6.96-14.7.96, VTH-HA.
- 6 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 23 april 1896, RMBA (a97).
- 7 Ibidem.
- 8 James C. Albisetti, *Schooling German Girls and Women. Secondary and Higher Education in the Nineteenth Century* (Princeton University Press, Princeton, 1988) p. 136-168.
- 9 Ibidem.

- 10 Jenny van 't Hoff jr., Dagboekje, 'Overzicht 1880 tot heden', VTH-HA.
- 11 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 13 juli 1897, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 12 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 8 juli 1897, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 13 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 1 augustus 1897, VTH-HA.
- 14 Brief van Van 't Hoff aan Gunning, 19 juli 1897, RMBA (a2).
- 15 Paul Walden, Fünfundzwanzig Jahre stereochemischer Forschung, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 15 (1900) p. 145-148, p. 157-160, p. 169-173, p. 185-188, p. 197-199. Walden stuurde deze serie artikelen naar Van 't Hoff met een begeleidend gedicht, waarin hij op komische wijze inging op de ontvangst van Van 't Hoffs theorie van het asymmetrisch koolstofatoom (zie: Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 384):
'Die Lagerung der Atome im Raum!
'O Zeichen der Zeit, man glaubt es kaum,
O 'Unkraut' der 'trivialen Naturphilosophie!
Statt 'nüchterner Forschung' – die 'Metachemie!
Und wär's nur der Autor, ach nein, o je!
Es stürmt auch Wislicenus mit dem Pegasus in die Höh!
Das gleicht schon dem 'Glauben an Hexen und Geister'
Anathema sit! so sprach der Meister.
[...]
Hieß einst die Lehre 'Phantasie' –
Heut' scharf sich alt und jung um sie;
Was einst verdammt war, heut' wird es gelehrt,
Wer einst verkannt war, heut' wird er geehrt!
Waarop Van 't Hoff reageerde met een eigen gedichtje (Brief van Walden aan Cohen, 8 oktober 1911, RMBA (a40)):
Ihr schönes Lied, o! wär' es nur wahr
Klingt mir doch etwas sonderbar
Nur eins ist für mich jetzt so ziemlich klar:
Ich suchte, was g'rad gut brauchbar war.
- 16 Dat ook anderen verbaasd waren over wie er gevraagd was aan de *Jubelband* bij te dragen, blijkt uit een brief van de Duits-Baltische chemicus Gustav Tammann, die geen uitnodiging had ontvangen en dat toeschreef aan het feit dat de uitnodigingen waarschijnlijk waren uitgegaan van 'Wilhelm der Bedeurende' (Ostwald) met wie hij niet op goede voet verkeerde. Zie: Regine Zott, *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst in ihren Briefen sowie in denen einiger Zeitgenossen* (Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 1996) p. 135.
- 17 Jubelband für J.H. van 't Hoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 31 (1899) p. 1-397.
- 18 Wilhelm Ostwald, Toespraak tijdens de viering van het 25-jarig jubileum van Van 't Hoffs doctoraat in Rotterdam, RMBA-VTH (No. 13). 'Begeisterter Vorkämpfer der physikalischen Chemie, dem dieser Zweig seine jetzige Blüthe verdankt.' 'Ein Band, der nicht nur in Umfang, sondern auch in Inhalt sich mit den Nichtjubelbänder messen kann.'
- 19 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 9 januari 1900, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds, II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 289-290. 'Und wenn's jetzt bei mir wieder einmal zu Unzufriedenheit kommt, wie es nach nichtstimmender Theorie zu gehen pflegt und ich dann früher meine Büste zerschlug, werde ich fortan Ihr Bericht über meine Leistungen lesen und glauben daß es wenigstens einmal so war.'

- 20 J.W. Doyer Jzn., Het jubileum van Prof. J.H. van 't Hoff, *Album der Natuur* (1900) p. 97-104, p. 103. Zie ook: R. Abegg, Das van 't Hoff-Jubiläum in Rotterdam, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 6 (1900) p. 381-382. Harry C. Jones, The van 't Hoff celebration, *Science*, 11 (1900) p. 241-246. H.M. Dawson, The van 't Hoff celebration at Rotterdam, *Nature*, 61 (1900) p. 321-322.
- 21 Ernst Cohen, *Mannen en vrouwen van beteekenis in onze dagen. Jacobus Henricus van 't Hoff* (Redactie Mr. J. Kalff jr., Tjeenk Willink & Zoon, Haarlem, 1900) p. 1-48.
- 22 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff* (Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1899).
- 23 Brief van J.A. Gunning-Pierson aan Van 't Hoff, 19 december 1899, RMBA-VTH (No. 13).
- 24 J.H. van 't Hoff, Sur les formules de structure dans l'espace, *Archives Néerlandaises*, 9 (1874) p. 445-454.
- 25 J.H. van 't Hoff, In memoriam Jan Willem Gunning, *Amsterdamsche Studenten-almanak 1901* (J. Clausen, Amsterdam) p. 42-52, p. 46.
- 26 Brief van Gunning aan Van 't Hoff, ongedateerd, JHUA (Ms 74, box 2, folder 2).
- 27 Brief van Van 't Hoff aan J.A. Gunning-Pierson, 9 januari 1900, RMBA (a143).
- 28 J.W. Gunning, *Leerboek der scheikunde ten gebruike aan inrigtingen van lager en middelbaar onderwijs, en tot zelf-onderrigt. I: De scheikunde der niet-metalen. II: De scheikunde der metalen. III: Organische scheikunde.* (S.E. van Nooten, Schoonhoven, 1858-1862).
- 29 J.H. van 't Hoff, In Memoriam Jan Willem Gunning, p. 47.
- 30 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 275. Wat dit aspect van zijn karakter betreft vond hij een gelijkgestemde geest in zijn held Lord Byron. Toen diens vriend hem eens aanraade zich niet steeds terug te willen trekken uit de maatschappij, antwoordde Byron:
Dear Becher, you tell me to mix with mankind;
I cannot deny such a precept is wise;
But retirement accords with the tone of my mind:
I will not descend to a world I despise.
Zie: Lord Byron, Lines Addressed to the Rev. J.T. Becher, *The Complete Poetical Works of Lord Byron* (Ed. Paul Elmer More, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1905) p. 128-129.
- 31 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 26 december 1899, RMBA (a97).
- 32 Brief van Jenny aan Cohen, 31 mei 1904, RMBA (a97).
- 33 Telegram van de Amsterdamse telegrafisten aan Van 't Hoff, 22 december 1899, JHUA (Ms 74, box 2, folder 7).
- 34 Onderstaande is ontleend aan: Ralf Wolz, *Eine über 300-jährige Geschichte der Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften vormals Preussische Akademie der Wissenschaften* (Eds. Gisela Lerch, Dr. Annette Schaeffgen und Stefan Aue, Berlin, 2009) p. 40-47.
- 35 De tegenwoordige Humboldt Universität.
- 36 Daarnaast waren er ook nog zestien *Auswärtige Mitglieder* (niet in Berlijn woonachtig, maar toch volwaardig lid) en maximaal tweehonderd *Korrespondierende Mitglieder*.
- 37 Conrad Grau, Die Berliner Akademie der Wissenschaften als Gelehrten-gesellschaft. Ein Blick zurück auf den Weg in die Zukunft (1990), *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin*, 98 (2008) p. 151-189.
- 38 *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1896 (erster Halbband Januar-Juni 1896), Gesamtsitzung 12 März 1896, p. 337.
- 39 Emil Fischer, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1911) p. 1-16, p. 3.

- 40 J.H. van 't Hoff, Antrittsrede. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1896 (zweiter Band) p. 745-747, p. 747.
- 41 J.H. van 't Hoff, Antrittsrede, p. 747. 'Wie speciell die deutsche Wissenschaft von der Überzeugung durchdrungen ist, dass die Pflege des Wissens um das Wissen selbst schliesslich die höchsten Ziele des menschlichen Strebens am besten fördert.'
- 42 David Cahan, *Helmholtz. A life in science* (University of Chicago Press, 2018) p. 615-616.
- 43 *Neue Freie Presse*, 6 juli 1896. 'Auf einen kurzen, aber schlanken und beweglichen Körper sitzt ein ausgeprägter Charakterkopf, dessen Eindruck man nicht so leicht vergisst. Schmales, bartloses Gesicht von frischer Gesichtsfarbe, zwei kluge, lebhaft Augen, mit kräftigen Brauen über der langen, sanft gekrümmten Rase, darunter ein wohlgeformter Mund, mit schmalen Lippen, die Unterlippe in der Mitte leicht herabhängend, buschiges, volles, trotzig gesträubtes Haupthaar; das ganze Gesicht wie ein Denkerkopf des vorigen Jahrhunderts, entfernt an Diderot erinnernd.'
- 44 J.W. Brühl, Der neue Akademiker (I en II), *Die Zukunft*, 16 (1896) p. 151-159 en p. 213-222.
- 45 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 11 augustus 1896, VTH-HA.
- 46 Zie: *Chemiker über Chemiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822-1925, von Eilhard Mitscherlich bis Max Bodenstein* (Eds. Anneliese Greiner, Fritz Welsh, Wolfgang Girnus, Akademie-Verlag, Berlin, 1986). Zie: *Physiker über Physiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie 1870-1929 von Hermann von Helmholtz bis Erwin Schrödinger* (Eds. Christa Kirsten und Hans-Günther Körber, Akademie-Verlag, Berlin, 1975).
- 47 J.H. van 't Hoff, Gedächtnisrede auf Hans Heinrich Landolt, *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1910* (Verlag der Königl. Akademie der Wissenschaften, Berlin, 1911) p. 3-13.
- 48 Klaas van Berkel, *De stem van de wetenschap. Geschiedenis van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Deel 1: 1808-1914* (Bert Bakker, Amsterdam, 2008) p. 541-544.
- 49 In de *Sitzungsberichte* van de Akademie van 1897 wordt alleen de ontvangst gerapporteerd van het *Report of the Proceedings at the International Conference on a Catalogue of Scientific Literature*.
- 50 J. Victor Carus, On the international Catalogue of Scientific Literature of the Royal Society, *Science*, 9 (1899) p. 825-835. 'If the plan should actually be carried out – from which sad result the good fates spare science – it is unquestionable that in a very short time the whole scheme [...] will have to be changed.'
- 51 P. Schneiders, *De bibliotheek- en documentatiebeweging 1880-1914: bibliografische ondernemingen rond 1900* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 20 april 1982). Korteweg, die tot 1914 de Nederlandse activiteiten voor de ICSL had geleid, noemde het opheffen ervan een 'retrogression of the world's civilization.'
- 52 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 12 september 1898, RMBA (a97).
- 53 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 18 oktober 1898, RMBA (a97).
- 54 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 423.
- 55 Verzoek van de Kultusminister aan de Finanzminister, 27 augustus 1901, U16972, Geheime Staatsarchiv Berlijn (I.HA Rep. 76 Kultusministerium Va Sekt 2 Tit. x Nr. 156). Besluit van het Ministerie, 2 april 1902, U16005 (Geheime Staatsarchiv Berlijn (I.HA Rep. 76 Kultusministerium Va Sekt 2 Tit. x Nr. 156). 'So erscheint es im unterrichtlichen und wissenschaftlichen Interesse gerechtfertigt, für das Van 't Hoff'sche Physikalisch-chemische Laboratorium einen laufenden Zuschuss von jährlich 3000 M durch Übernahme auf den Staatshaushaltsetat bereitzustellen.'

- 56 Alle verzoeken en reacties daarop van het ministerie zijn bijeengebracht in de acte met nummer I.HA Rep. 76 Kultusministerium Va Sekt 2 Tit.x Nr. 156, van de Geheime Staatsarchive Berlijn.
- 57 Jeffrey Allan Johnson, Dilemmas of 19th-century Liberalism among German Academic Chemists: Shaping a National Science Policy from Hofmann to Fischer, 1865-1919, *Annals of Science*, 72 (2015) p. 224-241, p. 233-234.
- 58 Jeffrey Allan Johnson, Akademische Grabenkämpfe und industrielle Ressourcennutzung. Chemie im Spannungsfeld von 'reiner' und 'angewandter' Forschung, in: *Die Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Kaiserreich* (Akademie Verlag, Berlin, 1999) p. 355-380, p. 366-368.
- 59 Emil Fischer, *Aus meinem Leben* (Verlag von Julius Springer, Berlin, 1922) p. 165. 'Ich hätte sogar in dem neuen Institut eine besondere Abteilung für physikalische Chemie eingerichtet, wenn nicht die Herren Van 't Hoff und Landolt sich dagegen ausgesprochen hätten, mit der Begründung, dass man ihnen die Vertretung der physikalischen Chemie allein überlassen sollte.'
- 60 Dat Van 't Hoff erg geboeid was door de mogelijkheden van de net ontdekte radioactiviteit, volgt onder andere uit diverse verwijzingen in zijn dagboek. Ook plaatste hij een opmerking over de mogelijke toepasbaarheid van radioactiviteit op het gebied van de katalyse. Hij deed dit naar aanleiding van een lezing, zie: G. Bodländer, Technische Bedeutung der Katalyse, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 9 (1903) p. 732-736, p. 736. Zijn commentaar tekent niet alleen zijn brede kijk op wetenschappelijke ontwikkelingen, maar is ook eens te meer illustratief voor zijn creatieve geest.
- 61 Jeffrey Allan Johnson, Akademische Grabenkämpfe, p. 370.
- 62 Friedrich Dolezalek, Das Institut für physikalische Chemie, in: *Die physikalischen Institute der Universität Göttingen. Festschrift im Anschlusse an die Einweihung der Neubauten am 9. Dezember 1905* (Herausgegeben von der Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik, Druck und Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1906) p. 112-118.
- 63 Günther Beer, Die Gründung des Lehrstuhles und Instituts für Anorganische Chemie der Universität Göttingen 1903, der ersten Einrichtung dieser Art an einer preußischen Universität, *Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Fachgruppe Geschichte der Chemie)*, 7 (1992) p. 34-49.
- 64 J.H. van 't Hoff, Über die zunehmende Bedeutung der anorganischen Chemie, *Zeitschrift für anorganische Chemie*, 18 (1898) p. 1-13.
- 65 Ibidem, p. 13. 'Deutschland, welches auf dem Gebiete der anorganischen Chemie von anderen Nationen überflügelt zu werden droht.'
- 66 Günther Beer, Die Gründung des Lehrstuhles und Instituts für Anorganische Chemie, p. 37. 'Im letzten Drittel dieses Jahrhunderts kam die organische Chemie vollständig zur Alleinherrschaft.'
- 67 Jeffrey Allan Johnson, *The Kaiser's chemists. Science and modernization in Imperial Germany* (The University of North Carolina Press, Chapel Hill, 1990) p. 40-46.
- 68 Jeffrey Allan Johnson, Akademische Grabenkämpfe, p. 371.
- 69 Kommission Sitzung betreffend das Ordinariat für Chemie, 25 oktober 1904, Archive der Humboldt Universität, Berlin (Phil. Fak. 1464 #126-127). In Berlijn werd vervolgens zonder veel discussie Walther Nernst als eerste op de voordracht geplaatst en door de keizer benoemd.
- 70 Jeffrey Allan Johnson, *The Kaiser's chemists*, p. 48-106. Jeffrey A. Johnson, Vom Plan einer Chemischen Reichsanstalt zum ersten Kaiser-Wilhelm-Institut: Emil Fischer, in: *Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft Geschichte und Struktur*

- der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft (Herausgegeben von Rudolf Vierhaus und Bernhard vom Brocke, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1990) p. 486-515, p. 487.
- 71 Jeffrey Allan Johnson, Akademische Grabenkämpfe, p. 371. 'Entzogen dem anregenden Einfluß der angewandten Chemie [...] in grauer Theorie erstarren würden.'
 - 72 Brief van Althoff aan de Akademie, 17 juli 1906, RMBA-VTH (No. 20).
 - 73 Brief van Van 't Hoff aan Diels, 8 augustus 1906, RMBA-VTH (No. 20). 'Für freie Forschung.'
 - 74 J.H. van 't Hoff, Onderzoek en Onderwijs, *De Ingenieur. Orgaan van het Kon. Instituut van Ingenieurs en van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs* (1911) p. 1-6, p. 4.
 - 75 Richard Schneider, Eine Hauptrolle für die Chemie: Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, *Nachrichten aus der Chemie*, 39 (2011) p. 840-843, p. 842.
 - 76 Dietrich Stoltzenberg, Fritz Haber und das Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, in: *Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Studien zu ihrer Geschichte: Das Harnack-Prinzip* (herausgegeben von Bernhard vom Brocke und Hubert Laitko, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1996) p. 263-274, p. 265-267. H. Gerischer, Physikalische Chemie im Licht und Schatten der Geschichte Berlins, *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*, 98 (1994) p. 1482-1495, p. 1486.
 - 77 Het zou dan ook nog enige jaren duren alvorens de gehele Akademie om was en men de Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft niet langer als een 'onreine inrichting' beschouwde. Zie: Jeffrey Allan Johnson, Akademische Grabenkämpfe, p. 372 en Jeffrey Allan Johnson, *The Kaiser's chemists*, p. 159-161.
 - 78 Adolf Harnack, Denkschrift für Wilhelm II. (21 november 1909), in: *50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente* (Göttingen 1961) p. 80-94.
 - 79 Dietrich Stoltzenberg, Fritz Haber und das Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, p. 269.
 - 80 J.H. van 't Hoff, Dagboek XII (maart-oktober 1910), 17 september 1910, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
 - 81 Brief van de Kultusminister aan Van 't Hoff, 9 oktober 1910, RMBA-VTH (No. 24).
 - 82 J.H. van 't Hoff, Dagboek XII (maart-oktober 1910), 10 oktober 1910, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
 - 83 Brief van de Kultusminister aan Van 't Hoff, 18 januari 1911, RMBA-VTH (No. 25). Van 't Hoff moest er zelfs nog een speciale *Amtstracht* voor aanschaffen.

16 Dementia salis

- 1 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 15 februari 1908, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Hier habe ich letzten Hand gelegt an meine neue Auflage der Atomlagerungen, und schreibe eben, das letzte auch über Salze das zweite Band zusammen, welche Beschäftigung mein jüngster Sohn nicht ganz unrichtig als "Dementia salis" bezeichnet.'
- 2 Regine Zott, Ein Niederländer in Berlin. Jacobus Henricus van 't Hoff zum 150. Geburtstag, *Dahlemer Archivgespräche*, 8 (2002) p. 37-56, p. 54.
- 3 J.H. van 't Hoff, De voorspelling van een rectoraatsrede verwezenlijkt, *Gedenkboek Van Bemmelen* (C. de Boer jr., Helder, 1910) p. 380-385, p. 381-382.
- 4 J.H. van 't Hoff, H. Goldschmidt en W.P. Jorissen, Über die Spaltung der Traubensäure und das Racemat von Scacchi, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 17 (1895) p. 49-61. J.H. Van 't Hoff en H. Goldschmidt, Das Racemat von Wyruboff, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 17 (1895) p. 505-512.
- 5 Frank B. Kenrick, Die racemische Umwandlung des Ammoniumbimalats, *Berichte*

- der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 30 (1897) p. 1749-1757. J.H. van 't Hoff en H.M. Dawson, Die racemische Umwandlung des Ammoniumbimalats, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 31 (1898) p. 528-534. J.H. van 't Hoff en Wolf Müller, Über die racemische Umwandlung des Rubidiumracemats, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 31 (1898) p. 2206-2212. J.H. van 't Hoff en Wolf Müller, Über die racemische Umwandlung des Kaliumracemats, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 32 (1899) p. 857-859.
- 6 J.H. van 't Hoff, *Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, Erster Teil 1905) p. 1. 'Das Problem der Doppelsalzbildung führte dagegen bei deren Anwendung auf die natürliche Salzlagerebildung zu einer umfassenden Arbeit.'
 - 7 Wilhelm Meyerhoffer, Über die gesättigten Lösungen der Verbindungen von Cuprichlorid mit Kaliumchlorid, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 97-132.
 - 8 Wilhelm Meyerhoffer, *Stereochemie* (Franz Deuticke, Leipzig und Wien, 1892).
 - 9 Wilhelm Meyerhoffer, Über reciproke Salzpaare, *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, Abteilung 2b*, 104 (1895) p. 13-28, p. 27.
 - 10 J.H. van 't Hoff, De voorspelling van een rectoraatsrede, p. 381.
 - 11 Ibidem, p. 381-382.
 - 12 J.K. van der Heide was op 7 juli 1893 gepromoveerd op een proefschrift met de titel: *De dubbelzouten van kalium en magnesiumsulfaat: Schöniet en Kaliumstrakaniet*.
 - 13 Richard Löwenherz, Über gesättigte Lösungen von Magnesiumchlorid und Kaliumsulfat oder von Magnesiumsulfat und Kaliumchlorid, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 13 (1894) p. 459-491.
 - 14 J.M. van Bemmelen, De nieuwe richting in de anorganische chemie, Rectoraatsrede uitgesproken op 8 februari 1889, *Jaarboek der Rijks-universiteit te Leiden, 1888-1889*, Bijlage I, p. 3-38, p. 26-27.
 - 15 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 15 november 1890, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Nur schade, dass, wo die Chemiko-Chemiker immer noch in der Industrie ein schönes Arbeitsfeld mit goldhäftigen Boden finden, die Physiko-Chemiker etwas weiter abstehen, speziell die, welche nur die größte Verdünnung suchen, da im Allgemeinen mit stark wasserhäftigen Flüssigkeiten wenig zu machen ist.'
 - 16 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 30 december 1896, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Vielleicht steht eine sehr hübsche Zusammenwirkung zwischen reinen wissenschaftlichen Untersuchungen und der Großindustrie aus.'
 - 17 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 1 oktober 1896, RMBA (a97).
 - 18 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 8 mei 1896, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 255-256.
 - 19 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 22 juni 1900, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 292-293. 'Ich wollte im Institut immer gern selbst alles nachgehen und bin dabei sehr empfindlich für Schmutz und Stank, während ich mich anderseits in einem Saal mit vielen Praktikanten nicht so recht wohl fühlte und dadurch auch für das Geben von speziellen Anweisungen weniger geeignet war.'
 - 20 *De Telegraaf*, 31 maart 1897.
 - 21 Brief van Ladenburg aan Van 't Hoff, 11 juli 1899, RMBA-VTH (No. 32).

- 22 J.H. van 't Hoff, *Vorlesungen über Bildung und Spaltung von Doppelsalzen* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1897).
- 23 Jenny van 't Hoff jr., Voetreis 1895-1896 van Prof. Dr. J.H. van 't Hoff en zijn gezin door het Schwarzwald en Zwitserland, 10 november 1895, VTH-HA.
- 24 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 18 oktober 1898, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 25 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 15 mei 1896, RMBA (a97). De titel van zijn college-reeks luidde 'Ausgewählte Capitel aus der physikalischen Chemie'. De colleges vonden elke woensdag van vijf tot zes plaats.
- 26 J.H. van 't Hoff, *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie. Erstes Heft: die chemische Dynamik* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1898), *Zweites Heft: die chemische Statik* (1899) en *Drittes Heft: Beziehungen zwischen Eigenschaften und Zusammensetzung* (1900).
- 27 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 372.
- 28 J.H. van 't Hoff, *Lectures on theoretical and physical Chemistry. Part I* (1899); *Parts II and III* (1900) (Translated by R.A. Lehfeldt, Edward Arnold, London). J.H. van 't Hoff, *Leçons de chimie physique. Première partie: La dynamique chimique* (1898); *Deuxième partie: La statique chimique* (1899); *Troisième partie: Relations-entre les Propriétés et la Composition* (1900) (Ouvrage traduit de l'allemand par M. Corvisy, A. Hermann, Paris). J.H. van 't Hoff, Russische vertaling van de *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie* (J. Jukow, onder redactie van Wl. Kistiakowsky, Buchhandlung von K.L. Rücker, St.-Petersburg, 1903).
- 29 G. Doyer van Cleeff, De zoutmijnen te Stassfurt, *Album der Natur*, 34 (1885) p. 155-164.
- 30 Hans-Heinz Emons, Die Kaliindustrie-Geschichte eines deutschen Wirtschaftszweiges? Überarbeitete und erweiterte Fassung des Vortrages im Plenum der Leibniz-Sozietät am 19. April 2001, *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät e. V.* (2001) p. 5-73.
- 31 Robert P. Multhaus, *Neptune's Gift. A history of common salt* (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1978) p. 161-166.
- 32 M.J. Usiglio, Études sur la composition de l'eau de la Méditerranée et sur l'exploitation des sels qu'elle contient, *Annales de Chimie et de Physique*, III 27 (1849) p. 172-191.
- 33 C. Ochsénus, Ueber die Salzbiidung der Egelnschen Mulde, *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, 28 (1876) p. 654-666. Otfried Wagenbreth, *Geschichte der Geologie in Deutschland* (Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 1999) p. 138-143. 'Im 20. Jahrhundert wurden andere Theorien der Barrentheorie entgegengestellt, doch diese blieb durchaus auch anerkannt.'
- 34 R. Marc, Die Arbeiten Van 't Hoff's über die ozeanischen Salzablagerungen, *Die Ernährung der Pflanze. Illustrierte Halbmonatsschrift über die Fortschritte im Ackerbau und landwirtschaftlichen Düngewesen des In- und Auslandes*, 8 (1912) p. 209-213, p. 211.
- 35 G. Doyer van Cleeff, De zoutmijnen te Stassfurt, p. 160-162.
- 36 Richard Löwenherz, Über gesättigte Lösungen, p. 459-491.
- 37 H. Precht und B. Wittgen, Löslichkeit von Salzgemischen der Salze der Alkalien und Alkalischen Erden bei verschiedener Temperatur, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 15 (1882) p. 1666-1672.
- 38 J. d'Ans, Die Bedeutung von van 't Hoff's Arbeiten über die Lösungsgleichgewichte, *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*, 56 (1952) p. 497-505. H. Emons, Van 't Hoff und die Chemie und Technologie der Mineralsalze, *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät*, 57 (2003) p. 83-107.

- 39 J.H. van 't Hoff, Wilhelm Meyerhoffer (13 september 1864-21 april 1906), *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 39 (1906) p. 4471-4478, p. 4473.
- 40 D. Bader, Persönliche Erinnerungen an J.H. van 't Hoff, *Oesterreichische Chemiker Zeitung*, 34 (1931) p. 56-59. 'Nur zwei Arbeitstische, einige Stative und Teclu Brenner ließen erkennen, welche Räume für Van 't Hoff reserviert waren.'
Een Teclu-brander is een meer geavanceerde Bunsen-brander, waarmee een heterere vlam kan worden opgewekt.
- 41 Ibidem, p. 57.
- 42 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 13 augustus 1896, RMBA (a97).
- 43 J.H. van 't Hoff, De voorspelling van een rectoraatsrede, p. 382.
- 44 Knoeien, prutsen.
- 45 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 1 oktober 1896, RMBA (a97).
- 46 Meyerhoffer was geboren in Roemenië, David Bader in Bratislava (Oostenrijk-Hongarije), Alfred Stoitz in Danzig, dat toen nog Duits was, Frank Kenrick in Send, Canada, Henri van der Hoop in Rotterdam, Harry Dawson in Bramley, Engeland en Frederick Donnan in Colombo Sri Lanka, het toenmalige Ceylon.
- 47 J. d'Ans, Erinnerungen an J.H. van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 640-643, p. 641.
- 48 D. Bader, Persönliche Erinnerungen, p. 58.
- 49 J.H. van 't Hoff, Die Thermochemie, *Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines* (1906) p. 1-4, p. 4. 'Haast je nooit en neem geen pauzes, want anders krijg je een zenuwinzinking.'
- 50 D. Bader, Persönliche Erinnerungen, p. 59.
- 51 J.H. van 't Hoff en W. Meyerhoffer, Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der oceanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagere, Einleitung, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (erster Band) p. 69-75, p. 70.
- 52 J.H. van 't Hoff, De voorspelling van een rectoraatsrede, p. 381.
- 53 H. von Euler, In van 't Hoff's Laboratory in Berlin 1899 and 1900, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 644-645. 'Laborious and monotonous.'
- 54 J. d'Ans, Erinnerungen an J.H. van 't Hoff, p. 641.
- 55 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 26 oktober 1904, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Der schwache Punkt liegt in diesen Laboratoriumverhältnisse. [...] Fischer bot mir in seinem Institut eine Abteilung an, während auch wohl der Reichsanstalt mich herbergen würde. Damit ging jedoch die Selbstständigkeit meiner Stellung verloren und auch der ganze Charakter. Beim Jubiläum der Akademie habe ich dann, wie auch andere Kollegen, um einen Hilfsarbeiter angefragt, doch denselben nicht bekommen.'
- 56 H. von Euler, In van 't Hoff's Laboratory in Berlin, p. 644.
- 57 Ibidem.
- 58 F.G. Donnan, Some memories of Van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 643-644.
- 59 J.H. van 't Hoff en W. Meyerhoffer, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. II, Die Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse von Chlormagnesium und dessen Hydraten oberhalb null Grad, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (erster Band) p. 137-141.
J.H. van 't Hoff en W. Meyerhoffer, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. III, Die Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse von

- Karnallit, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (erster Band) p. 487-507.
- J.H. van 't Hoff en F.B. Kenrick, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. IV, Die Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse von Tachhydrit, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (erster Band) p. 508-515.
- J.H. van 't Hoff en W. Meyerhoffer, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. V, Das Auskristallisieren der Lösungen von Magnesiumchlorid, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat, Kaliumchlorid und deren Doppelsalzen bei 25°, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (zweiter Band) p. 1019-1034.
- J.H. van 't Hoff en F.G. Donnan, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. VI, Die Maximaltensionen der gesättigten Lösungen von Magnesiumchlorid, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat, Kaliumchlorid und deren Doppelsalzen bei 25°, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (zweiter Band) p. 1146-1151.
- 60 Vijf in 1898, zes in 1899, drie in 1900, vier in 1901, vijf in 1902, vier in 1903, zes in 1904, zes in 1905, vier in 1906, twee in 1907 en de laatste in 1908. Van 't Hoff vatte de resultaten samen in twee boekdelen: J.H. van 't Hoff, *Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, Erster Teil 1905, Zweiter Teil 1909), waarna ook de originele artikelen nog eens in boekvorm bij elkaar werden gebracht. Zie: J.H. van 't Hoff, *Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagere* (Eds. E. Cohen en H. Precht, Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912).
- 61 J.H. van 't Hoff, W. Meyerhoffer en Norman Smith, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. XXIII. Das Auftreten von Kieserit bei 25°C, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1901 (erster Band) p. 1034-1044.
- 62 Hoewel miljoenen jaren geleden wel degelijk een tropisch klimaat in Duitsland moet hebben geheerst, is de genoemde temperatuur natuurlijk niet de luchttemperatuur, maar die van het water. Het is namelijk bekend dat onder bepaalde omstandigheden zoutmeren en in het algemeen zoutoplossingen warmte kunnen opslaan.
- 63 J.H. van 't Hoff, De voorspelling van een rectoraatsrede, p. 383-384.
- 64 J.H. van 't Hoff, Dagboek IX (augustus 1908-maart 1909), 21 oktober 1908, VTH-HA.
- 65 J.Y.B., Salt-beds and oceans, *Nature*, 71 (1905) p. 508-509. Een bespreking van Van 't Hoffs *Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen*. 'A gigantic exercise in physical chemistry.'
- 66 H.A.M. Snelders, Jacobus Henricus van 't Hoffs (1852-1911) Untersuchungen über die Stassfurter Salzablagerungen im Zeitraum von 1896 bis 1908, in: *Montanmedizin und Bergbauwissenschaften* (Eds. W. Kaiser & A. Völker, Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 1987/23 (T 63)) p. 209-220.
- 67 Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff 1852-1911 In Memoriam, *De Gids*, 75 (1911) p. 138-155, p. 143-144.
- 68 J.H. van 't Hoff, Ueber das Auskristallisieren komplexer Salzlösungen bei constanter Temperatur, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 14 (1901) p. 531-537.
- 69 Van 't Hoff legde er wel contact met de directeur van Kaliwerke in Aschersleben, Konrad Kubierschky, die later het initiatief zou nemen om het mineraal $\text{Na}_6\text{Mg}(\text{SO}_4)_4$ naar Van 't Hoff te vernoemen.
- 70 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 258-259.

- 71 C. Przibylla, Heinrich Precht zum 70. Geburtstag, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 35 (1922) p. 401-436.
- 72 In deel 6 van zijn onderzoekingen beweerde Van 't Hoff dat het mineraal tachhydriet langs natuurlijke weg neerslaat uit de indampende zoutoplossing. Precht wist echter dat dit niet het geval kon zijn en dat *tachhydriet* via secundaire reacties werd gevormd.
- 73 Het *Verband für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagertstätten* werd formeel op 13 mei 1906 tijdens de *Zweiter Deutscher Kalitag* opgericht. Zie: J.H. van 't Hoff, Anregung und Vorschläge zur wissenschaftlichen Erforschung der nord-deutschen Kalisalzlager. Vortrag, gehalten im Zweiten deutschen Kalitag am 13. Mai 1906 zu Staßfurt, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 16 (1906) p. 1159-1161.
- 74 Heinrich Precht, Zur Erinnerung an Van 't Hoff, *Kali. Zeitschrift für Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze*, 5 (1911) p. 113-118.
- 75 J.H. van 't Hoff, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen (Schluss) No. LII. Der Verband für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagertstätten, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1908 (erster Band) p. 436-439.
- 76 J.H. van 't Hoff, Der Verband für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagertstätten, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1910 (zweiter Band) p. 772-786.
- 77 Brief van Van 't Hoff aan Planck, 20 februari 1895, Geheime Staatsarchiv Berlijn (NL Althoff, Rep 92, B, Nr. 74, Bl. 46-47). 'Von den Erschütterungen des Berliner Bodens frei, welche das Aufstellen von Galvanometer zu belästigen scheinen.'
- 78 A.C. van Rijn van Alkemade, Toepassingen der theorie van Gibbs op evenwichtstoestanden van zoutoplossingen met vaste fasen, *Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, afdeling Natuurkunde, eerste sectie*, 1 (1893) p. 1-65. A.C. van Rijn van Alkemade, Graphische Behandlung einiger thermodynamischen Probleme über Gleichgewichtszustände von Salzlösungen mit festen Phasen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 11 (1893) p. 289-327.
- 79 Bakhuis Roozeboom bracht de bevindingen van zijn onderzoek bijeen in boekvorm. Tijdens zijn leven verschenen het eerste deel en de eerste helft van het tweede deel. Zijn leerlingen voltooiden na zijn dood in 1907 de drie delen. Zie: H.W. Bakhuis Roozeboom, *Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1901-1918).
- 80 J.H. van 't Hoff en W. Meyerhoffer, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. xxxvi, Die Mineralkombinationen (Paragenesen) von 25° bis 83°, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1904 (erster Band) p. 659-670. Ook in al zijn andere werk verwees Van 't Hoff slechts zeer zelden naar het werk van Gibbs en noemde dan altijd in één adem ook het werk van de Franse ingenieur François Massieu uit 1869, dat vooruitliep op het werk van Gibbs. Zie bijvoorbeeld: J.H. van 't Hoff, E.F. Armstrong, W. Hinrichsen, F. Weigert und G. Just, Gips und Anhydrit, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 45 (1903) p. 257-306, p. 293.
- 81 J. d'Ans, Die Bedeutung von van 't Hoffs Arbeiten über die Lösungsgleichgewichte, p. 497.
- 82 J.H. van 't Hoff, De voorspelling van een rectoraatsrede, p. 382.
- 83 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 2 oktober 1906, RMBA (a97). Auguste Cahours (1813-1891) was een Frans scheikundige.
- 84 *Arnhemse Courant*, 22 maart 1906.
- 85 J. d'Ans, Erinnerungen an J.H. van 't Hoff, p. 640-643, p. 642. 'Unbeschwert durch wissenschaftliche Erkenntnisse.'

- 86 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 5 januari 1897, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 266. 'Zwei Patente sind schon in die Welt geschickt damit ich womöglich auch festen Boden bekomme an Ort und Stelle.'
- 87 J. d'Ans, Erinnerungen an J.H. van't Hoff, p. 642. 'Mit grösstem Ernst und vollendeter Höflichkeit die jedem eigenen Probleme diskutierten, ohne sich im Grunde ganz zu verstehen, um schliesslich, doch etwas enttäuscht, auseinanderzugehen.'
- 88 J. d'Ans, Die Bedeutung von van 't Hoffs Arbeiten über die Lösungsgleichgewichte, p. 498-501.
- 89 J.H. van 't Hoff, *Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, Erster Teil 1905) p. 82.
- 90 F.G. Donnan, The beginning of a new era in geology, *Nature*, 90 (1913) p. 616-617.
- 91 J.H. van 't Hoff, Dagboek I (oktober-december 1905), 29 november 1905, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 92 G.A.F. Molengraaff, *Geologisch onderwijs aan mijnbouwkundigen* (Boekhandel en drukkerij E.J. Brill, Leiden, 1906) p. 9.
- 93 R. Marc, Die Arbeiten Van 't Hoffs über die ozeanischen Salzablagerungen, p. 213.
- 94 Svante Arrhenius und Richard Lachmann, *Geologische Rundschau*, 3 (1912) p. 139-157, p. 156.
- 95 John W. Servos, *Physical chemistry from Ostwald to Pauling. The making of a science in America* (Princeton University Press, Princeton, 1990) p. 229-234.
- 96 Brief van Van 't Hoff aan Walcott, in: *Yearbook of the Carnegie Institution of Washington*, Volume 1 (1902) (published by the Institution, Washington D.C., 1903) p. 65. 'The special problem, which, I mean, deserves attention, is the physical chemistry of high temperatures applied to the chief constituents of the earth's crust, silicates in the first instance.'
- 97 J.H. van 't Hoff, Dagboek II (december 1905-februari 1906), 23 januari 1906, VTH-HA.
- 98 Hans P. Eugster, The beginnings of experimental petrology, *Science*, 173 (1971) p. 481-489, p. 488. 'Not a direct result of Van't Hoff's efforts on behalf of evaporites, but its indebtedness to his general approach and his success in both physical chemistry and experimental petrology is obvious.'
- 99 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 22 mei 1897, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil*, p. 273. 'Ich komme jedenfalls nach München, habe jedoch nichts das die el. Ges. als Mittheilung interessieren kann. Ich habe das ganze Jahr verstaßfurtersalzlager und kann davon nichts für die Gesellschaft entleihen, wie gern ich auch meine Theilnahme an den Bestrebungen zeigen möchte.'
- 100 J.H. van 't Hoff, Dagboek V (oktober 1906-januari 1907), 19 oktober 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 101 Wilhelm Ostwald, Jacobus Henricus van 't Hoff, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 44 (1911) p. 2219-2252. 'Den Vergleich mit seinen früheren Leistungen hält [diese grosse Arbeit] nicht aus, da sie keinen gedanklichen Fortschritt von gleicher Großartigkeit wie die früheren enthält. Es klingt wie Undank, ja wie Ungehörigkeit, wenn an dieser Stelle derartiges ausgesprochen wird. Aber ich weiß aus wiederholten Unterredungen, daß der verewigte Freund selbst nicht anders dachte, und daß es seinem strengen Wahrheitssinne höchst zuwider wäre, wenn an dieser Stelle die Linie seines Lebens abweichend von der Wirklichkeit zu ziehen versucht werden sollte.'
- 102 Emil Fischer, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhand-*

lungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften (1911) p. 1-16.

‘Könnte es nicht [...] so sein, daß das von van ’t Hoff früher bearbeitete Gebiet gerade durch seine Entdeckungen erschöpft war?’ ‘Tatsächlich ist seit zwei Dezennien, wenn man von der Radioaktivität absieht, keine Theorie in der Chemie aufgetaucht, die den zuvor erwähnten van ’t Hoff’schen Ideen an Einfachheit und allgemeiner Gültigkeit gleichgestellt werden könnte.’

103 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van ’t Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 504.

104 Brief van Van ’t Hoff aan Cohen, 1 oktober 1896, RMBA (a97).

105 Brief van Van ’t Hoff aan Cohen, 22 maart 1899, RMBA (a97).

106 J.H. van ’t Hoff, Wilhelm Meyerhoffer (13 september 1864-21 april 1906), p. 4473-4474.

107 J. d’Ans, Die Bedeutung von van ’t Hoffs Arbeiten über die Lösungsgleichgewichte, p. 498-501.

108 J.H. van ’t Hoff, *Acht Vorträge über physikalische Chemie, gehalten auf Einladung der Universität Chicago vom 20. bis 24. Juni 1901* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1902).

109 J.H. van ’t Hoff, Wilhelm Meyerhoffer (13 september 1864-21 april 1906), p. 4475. ‘Die dafür verlangte Zähigkeit war eher geeignet traurige Gedanken aufkommen zu lassen als zu entfernen.’

110 J.H. van ’t Hoff, Dagboek I (oktober-december 1905), 10 november 1905, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).

111 Brief van Van ’t Hoff aan Cohen, 22 maart 1906, RMBA (a97).

112 Brief van Van ’t Hoff aan Jenny, 26 april 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).

113 Brief van Van ’t Hoff aan Arrhenius, 9 februari 1901, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. ‘Landolt scheint sich durch diese Überanstrengung seines Vertreters so erholt zu haben, dass er wieder die Vorlesung aufnahm.’

114 Brief van Meyerhoffer aan Van ’t Hoff, 4 april 1906, RMBA-VTH (No. 32). ‘Für die freue Botschaft aus Christiania mein herzlichster Dank. Vielleicht ist die Ernennung auf die Besprechung von Guldberg-Waage’s Arbeit zurückzuführen. Jedenfalls hat sie mich ungemein gefreut, insbesondere auch wegen der gleichzeitig ernannten Mitglieder.’

115 J.H. van ’t Hoff, De voorspelling van een rectoraatsrede, p. 382.

116 Ibidem, p. 3.

117 Brief van Van ’t Hoff aan Cohen, 15 april 1897, RMBA (a97).

118 Brief van Van ’t Hoff aan Cohen, 16 september 1897, RMBA (a97).

119 Brief van Van ’t Hoff aan Gunning, 29 juli 1897, RMBA (a2).

Adriaan Daniël van Riemsdijk (1837-1897) was gepromoveerd bij Gerrit Jan Mulder en werkte enige tijd als assistent op het chemisch laboratorium in Utrecht. Hij was lid van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen en bij zijn dood essayeur-generaal (keurmeester) bij de Utrechtse munt.

120 Brief van Van ’t Hoff aan Cohen, 14 juni 1898, RMBA (a97).

121 Brief van Van ’t Hoff aan Cohen, 22 juli 1898, RMBA (a97).

122 In een brief die Hubrecht aan Van ’t Hoff stuurde in december 1901 om hem geluk te wensen met de toekenning van de Nobelprijs, lijkt hij al een voorschot te nemen op het dan aanstaande aanbod uit Utrecht: ‘Dat de grootere finantieele onafhankelijkheid die de stichter van den prijs aan de daarmede begiftigde “aristoi” van den geest heeft willen verzekeren, misschien tot op zekeren hoogte zal kunnen medewerken om U, bij eerlang te nemen beslissingen de *Fragestellung* eenvoudiger te maken.’ Brief van Hubrecht aan Van ’t Hoff, 16 december 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 8).

123 Brief van Hubrecht aan Van ’t Hoff, 6 februari 1902, JHUA (Ms 74, box 3, folder 10).

124 Brief van Van ’t Hoff aan Hubrecht, 18 februari 1902, RMBA (a143).

- 125 Notulen van vergaderingen van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen 1892-1902, Het Utrechts Archief, Archief van de faculteiten der Rijksuniversiteit Utrecht (292-2_443).
- 126 Brief van Cohen aan de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen, 20 april 1902, Het Utrechts Archief, Archief van de faculteiten der Rijksuniversiteit Utrecht (292-2_451).
- 127 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 29 april 1902, RMBA (a97).
- 128 Ernst Cohen, *Na driekwart eeuw. Levensherinneringen* (Redactie Frits Broeyer en Leen Dorsman, Stichting Matrijs, Utrecht, 2013) p. 78-80.
- 129 C.A. Pekelharing, Laudatio bij gelegenheid van de promotie van Professor J.H. van 't Hoff, *Jaarboek der Rijks-Universiteit te Utrecht 1904-1905*, p. 29-36, p. 35.
- 130 Ernst Cohen, De promotie van Professor Van 't Hoff en de opening van het Van 't Hoff-Laboratorium, *Chemisch Weekblad*, 1 (1904) p. 511-517, p. 515.
- 131 Ernst Cohen, De promotie van Professor Van 't Hoff, p. 516.
- 132 Ernst Cohen, De Chemie te Utrecht in den loop der eeuwen II, *Chemisch Weekblad*, 38 (1941) p. 314-320, p. 318.

17 The greatest living physical chemist

- 1 Toespraak van Charles William Eliot, president van Harvard University, bij de uitreiking van een eredoctoraat aan Van 't Hoff op 26 juni 1901.
- 2 Professor van 't Hoff über die Amerikanische Universitäten, *Berlin Lokal Anzeiger*, 20 juli 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 12). 'Die Bildung ist dort noch nicht so allgemein, noch nicht so tief in das Volk eindringen wie in Europa. Amerika ist eben noch ein junges Land, und sein Volk ist erst im Entstehen begriffen. Aber das wird anders werden, und in fünfzig, hundert Jahren wird Amerika uns auch auf wissenschaftlichem Gebiet der scharfe Concurrenz machen.'
- 3 J.H. van 't Hoff, Amerika I (23 mei-15 juni 1901), JHUA (Ms 74, box 2, folder 11). J.H. van 't Hoff, Amerika II (15 juni-28 juni 1901), RMBA-VTH (No. 29). Van 't Hoff zette zijn herinneringen aan de Amerika-reis in twee verschillende schriftjes op papier. Het eerste schriftje ontstond begin 1902 en beschrijft de gebeurtenissen tot aan 15 juni. Na een tijdje met schrijven te zijn gestopt om voor uitgeverij Vieweg de lezingen die hij in Chicago had gegeven op papier te zetten, nam hij op 30 april 1902, in een nieuw schriftje, de pen weer op met een reisbeschrijving tot aan 26 juni 1901. Opnieuw volgde er toen een pauze, waarna het laatste deel van de reisbeschrijving, in het hetzelfde schriftje, in november 1902 op papier werd gezet. Alle citaten zijn afkomstig uit de genoemde reisbeschrijvingen. Ernst Cohen nam de reisbeschrijving in extenso over in zijn biografie van Van 't Hoff en Benjamin Harrow publiceerde hier weer een verkorte, Engelse weergave van in: Van 't Hoff in America, *The Scientific Monthly*, 7 (1918) p. 564-568.
- 4 De terugreis begon op 6 juli vanuit New York, maar is niet beschreven.
- 5 Brief van Nef aan Van 't Hoff, 8 november 1900, JHUA (Ms 74, box 2, folder 9).
- 6 Brief van Nef aan Van 't Hoff, 7 maart 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 9).
- 7 Brief van Richards aan Van 't Hoff, 29 april 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 9).
- 8 Brief van Richards aan Van 't Hoff, 9 juni 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 9).
- 9 Brief van Charles Doremus, president van de American Chemical Society aan Van 't Hoff, 23 mei 1901, RMBA-VTH (No. 30). 'Many of us have received the benefit of the educational advantages so freely offered by the German universities.'
- 10 Ongedateerd document van J.H. van 't Hoff, JHUA (Ms 74, box 2, folder 9).
- 11 Vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, ongedateerde notitie, RMBA-VTH (No. 29).
- 12 In 1903 werd ze benoemd tot professor. Ze zou tot haar dood in 1931 aan het Barnard College verbonden blijven. Zie: Peggy Aldridge Kitwell, Margaret Eliza Maltby (1860-

- 1944), in: *Out of the Shadows. Contributions of Twentieth-Century Women to Physics* (eds. Nina Byers and Gary Williams, Cambridge University Press, Cambridge, 2006) p. 26-35.
- 13 Krantenbericht in de *Baltimore Sun*, 5 juni 1901. 'The country between New York and Baltimore reminds me very much of Holland, while Baltimore city closely resembles a German town.'
 - 14 Telegram en brief van Nef aan Van 't Hoff, 4 juni 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 9).
 - 15 Brief van Richards aan Nef, begin juni 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 9). 'Because we, too, wish to honor him with a degree, which he cannot receive without coming for it.'
 - 16 Brief van Jenny aan moeder Van 't Hoff, 8 juni 1901, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
 - 17 Ongeveer 28 mark.
 - 18 Op dit punt aangekomen in de reisbeschrijving, onderbreekt Van 't Hoff zijn verhaal om voor Vieweg zijn Chicago-voordrachten uit te werken. Op 30 april 1902 pakte hij de pen weer op.
 - 19 J.H. van 't Hoff, Physical chemistry, *Science*, 14 (1901) p. 126-129.
 - 20 Laudatio Nef voor Van 't Hoff, 18 juni 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 9). 'Jacob Henry van 't Hoff: you have brought to bear upon chemical problems a keen and logical mind endowed with speculative and imaginative powers of the highest order. Founder of the theory explaining the space relations of atoms and molecules, [...] Master in dynamic chemistry: investigator and brilliant originator in the domain of the modern theory of solutions, a theory which constitutes one of the greatest advances in chemical science during the last quarter of a century.'
 - 21 Van 't Hoff had geen tijd gehad om de lezingen helemaal uit te schrijven, maar ze waren door een stenograaf vastgelegd, waarna hij zelf de tekst in het Duits heeft vertaald ten behoeve van een publicatie bij Vieweg. J.H. van 't Hoff, *Acht Vorträge über physikalische Chemie gehalten auf Einladung der Universität Chicago vom 20. bis 24. Juni 1901* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1902).
 - 22 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 19 augustus 1901, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Und habe ich ungefähr alles vorgetragen was ich wusste; 8 Stunden in 4 Tagen, immerhin noch schlimmer für die Hörer als für mich, der ganz bestimmt nicht regelmäßig hingegangen wäre falls ich nicht selbst den Vortrag zu halten hätte.'
 - 23 J.H. van 't Hoff, *Physical chemistry in the service of the sciences*, translated by Alexander Smith (Chicago University Press, Chicago, 1903). '[The lectures] were attended by large audiences, which included professors of chemistry and related sciences from many distant states of the Union.'
 - 24 J.H. van 't Hoff, *Zinn, Gips und Stahl vom physikalisch-chemischen Standpunkt*, Vortrag gehalten im Verein der deutschen Ingenieure zu Berlin (R. Oldenbourg Verlag, München u. Berlin, 1901).
 - 25 Ernst Cohen en C. van Eijk, Physikalisch-chemische Studien am Zinn, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 30 (1900) p. 601-622. Ernst Cohen, Physikalisch-chemische Studien am Zinn, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 33 (1900) p. 57-62. Ernst Cohen, Physikalisch-chemische Studien am Zinn, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 35 (1900) p. 588-597.
 - 26 J.H. van 't Hoff, *Acht Vorträge über physikalische Chemie*, p. 28-44.
 - 27 J.H. van 't Hoff, *Acht Vorträge über physikalische Chemie*, p. 45-60.
 - 28 Richards schreef Nef op 24 juni 1901 om hem te bedanken 'For your kindness in letting the great man leave earlier than you had intended', zie: JHUA (Ms 74, box 2, folder 9).
 - 29 Van 't Hoff's aanduiding van een hooikoortsaanval.

- 30 Op dit punt is Van 't Hoff opnieuw met deze reisbeschrijving gestopt, om dat in november 1902 weer op te pakken.
- 31 *Boston Herald*, 29 juni 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 12).
- 32 Intussen had Van 't Hoff ook uitnodigingen moeten afwijzen voor een diner op Columbia University en het persoonlijk bijwonen van de *Centennial Celebration* op Yale University, waar hem opnieuw een eredoctoraat was toegekend.
- 33 George Johnson, *Miss Leavitt's Stars: The Untold Story of the Woman Who Discovered How to Measure the Universe* (W.W. Norton & Company, New York, 2005).
- 34 Professor van 't Hoff über die Amerikanische Universitäten, *Berlin Lokal Anzeiger*, 20 juli 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 12).
- 35 Ibidem. 'Da es in Amerika viele für Ideale sich begeisternde Menschen giebt, während man nach der landläufigen Vorstellung nur Dollarjäger findet.'
- 36 Ibidem. 'Am besten gefallen hat es mir in Harvard. Das ist eine Hochschule nach unserem Zuschnitt und nach unseren Anschauungen, die vornehmste Universität des Landes. Dort schwebt auch der echte Geist der Wissenschaft, und ich habe dort anregende Stunden verlebt.'
- 37 Ibidem. 'Aber das Geld allein wiegt doch das Scheiden aus der wissenschaftlichen Atmosphäre, an die wir nun einmal gewünscht sind, nicht auf.'
- 38 Anoniem, The International Congress of Arts and Science, *Journal of the American Medical Association*, 43 (1904) p. 1064. 'To emphasize the relationships between the various branches of knowledge, and thus to encourage harmony and unification in the intellectual world.'
- 39 Brief van Bancroft aan Jorissen, 8 september 1952, RMBA-VTH (No. 45).
- 40 Brief van Van 't Hoff aan Jenny sr., 25 september 1904, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 41 J.H. van 't Hoff, The relations of physical chemistry to physics and chemistry, in: *International Congress of Arts and Science Volume IV Physics, Chemistry, Astronomy, Sciences of the Earth* (Ed. Howard J. Rogers, University Alliance, New York, 1905) p. 304-310. J.H. van 't Hoff, The relation of physical chemistry to physics and chemistry, *Science*, 22 (1905) p. 649-654.
- 42 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Zweiter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927) p. 424. In haar 'Herinneringen aan de reis naar Amerika in 1904' (*Herinneringen van Mevrouw J.F. Behn-van 't Hoff*, gedateerd 10 juli 1959, VTH-HA), doet dochter Jenny het wat minder spectaculair voorkomen. Van 't Hoff zou haar hebben gezegd: 'Leg wat achter je hoofd voor 't geval van een ongeluk.'
- 43 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Zweiter Theil*, p. 424-425.
- 44 Jenny van 't Hoff jr., Herinneringen aan de reis naar Amerika in 1904, VTH-HA.
- 45 K. van Berkel, Amerikanisering van de Nederlandse universiteit? De chemicus H.R. Kruyt over hogeschool en maatschappij (1931), *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 12 (1989) p. 198-225.
- 46 Frans H. van Lunteren en Marijn J. Hollestelle, Paul Ehrenfest and the Dilemmas of Modernity, *Isis*, 104 (2013) p. 504-536, p. 513-514.
- 47 Frits Berends en Dirk van Delft, *Lorentz. Gevierd fysicus, geboren verzoener* (Prometheus, Amsterdam, 2019) p. 442-443.

18 Een brief uit Stockholm

- 1 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 18 december 1901, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 2 De sterfdag van Alfred Nobel.
- 3 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 13 november 1901, RMBA-VTH (No. 31). 'Ich habe

hiermit das große Vergnügen mitzuteilen, dass gestern Abend die Schwedische Akademie der Wissenschaften den ersten Nobelpreis für Chemie Ihnen anerkannt hat. [...] Dies wird Ihnen *secretissime* mitgeteilt, damit sie Gelegenheit haben zur Preisverteilung in Stockholm am 10. Dezember d.J. zur Erhöhung der Feierlichkeit hier erscheinen können.'

- 4 In Italië waren dat het *R. Istituto Veneto di Scienze, lettere ed arti* en de *R. Accademia dei Lincei* (Rome), in Denemarken *Det kongelige Danske Videnskabernes Selskab* (Kopenhagen) en in de Verenigde Staten *The National Academy of Sciences*.
- 5 Dit is de Beierse pendant van de Pruisische orde *Pour le Mérite für Wissenschaften und Künste*, die Van 't Hoff al in 1895 had gekregen.
- 6 De vijfmaal verzegelde envelop, waarop de waarde van de medaille is aangegeven als 200 mark, bevindt zich in het RMBA-VTH (No. 15).
- 7 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 16 november 1901, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Das ist ja eine ganz formidable Nachricht, die sie mir überbringen und, hätte nicht meine tägliche Beschäftigung mir mit Gleichgewichtsbedingungen vertraut gemacht, so wurde ich unbedingt mein Gleichgewicht verloren haben.' 'Es ist auch zu überwältigend auf einmal im Zeichen der "Nutzen für die Menschheit" zu stehen, und man fühlt sich fast wie ein kleiner Christus, mit dem Gegentheil einer bevorstehenden Kreuzigung. Ich werde das Menschenmögliche thun um mein Maul zu halten.'
- 8 Brief van Aurivillius aan Van 't Hoff, 17 november 1901, JHUA (Ms 74, box 2, folder 8).
- 9 Testament van Alfred Bernhard Nobel, 27 november 1895. 'To those who, during the preceding year, have conferred the greatest benefit to humankind.'
- 10 Elisabeth Crawford, *The beginnings of the Nobel Institution. The science prizes, 1901-1915* (Cambridge University Press, Cambridge, 1984) p. 60-86.
- 11 De *Haagsche Courant* wist op 21 december te melden dat al het vermogen van Alfred Nobel naar diens broer zou gaan, die verminkt was geraakt bij een explosie. In werkelijkheid was die broer bij die explosie gedood, een van de redenen dat Nobel met het geld dat hij met het dynamiet had verdiend iets goeds wilde doen. En volgens het *Algemeen Handelsblad* van 27 december zou al het geld naar de Högskola van Stockholm gaan. Pas begin januari 1897 kwam de correcte berichtgeving op gang.
- 12 Elisabeth Crawford, *The beginnings*, p. 95 en Appendix B, p. 230. Het betrof hier de universiteiten van Uppsala, Lund, Christiania, Stockholm, Kopenhagen en Helsingfors, en het Karolinska Instituut en de Koninklijke Technische Hogeschool in Stockholm.
- 13 Elisabeth Crawford, *Arrhenius. From Ionic Theory to the Greenhouse Effect* (Science History Publications/USA, 1996) p. 172.
- 14 Voor het jaar 1901 waren dat de universiteiten van Sint-Petersburg, Berlijn, Parijs (Sorbonne), Zürich (Polytechnikum), Rome, Wenen en Washington.
- 15 Elisabeth Crawford, *The beginnings*, p. 77-84.
- 16 Elisabeth Crawford, *The beginnings*, p. 79. 'Not only the theoretical parts of these disciplines but also their applications to, and treatment of, problems in related fields.'
- 17 Robert Marc Friedman, *The Politics of Excellence. Behind the Nobel Prize in Science* (Henry Holt and Company, New York, 2001) p. 28-31.
- 18 Brief van Fischer aan het Nobelcomité, 7 januari 1901, Nobelarchief, Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Dass er mit im Stande ist, große Probleme experimentell zu behandeln.' 'Mustergültige Experimentalarbeiten.'
- 19 Brief van Landolt aan het Nobelcomité, 25 januari 1901, Nobelarchief, Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Durch dieselbe ist die un-gemein schwierige Frage der Salzabscheidung aus gemischten Lösungen mit einem

- großen Aufwand an Scharfsinn und Ausdauer endgültig erledigt worden.’
- 20 Brief van Ramsay aan het Nobelcomité, 4 december 1900, Nobelarchief, Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. ‘But in breadth of conception, in profound insight, and in influence on the progress of chemistry, just one appears to me to have such claims to recognition; while others have proved capable builders, and have added much to the stability of the chemical edifice, Van ’t Hoff has revolutionised the style of architecture.’
 - 21 Brief van Richard Lorenz, Eugen Bamberger, Georg Lunge, Robert Gnehm en Frederick P. Treadwell aan het Nobelcomité voor Scheikunde, 14 januari 1901, Nobel Archief, Koninklijk Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
 - 22 Brief van Van ’t Hoff aan Arrhenius, 18 december 1901, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
 - 23 Brief van Arrhenius aan Van ’t Hoff, 2 januari 1902, RMBA-VTH (No. 31).
 - 24 Brief van Cleve aan het Nobelcomité voor Scheikunde, 31 december 1901, Nobelarchief, Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. Brief van Pettersson aan het Nobelcomité voor Scheikunde, 28 januari 1901, Nobelarchief, Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
 - 25 J.H. van ’t Hoff, *Lois de l’équilibre chimique dans l’état gazeux ou dissous*, *Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, Bandet 21 (1886) p. 1-58.
 - 26 J.H. van ’t Hoff, Nobel Vorlesung, 13 december 1901, in: *Les Prix Nobel 1901* (Imprimerie Royale. P.A. Norstedt & Fils, Stockholm, 1904) p. 1-7, p. 6. ‘Ich würde auch nicht die Freude haben, diesen Vortrag zu halten, wenn nicht Prof. Arrhenius die Ursache dieser Ausnahmen hätte zeigen [...] können.’
 - 27 Elisabeth Crawford and Robert M. Friedman, The prizes in physics and chemistry in the context of Swedish science: a working paper, in: *Science, Technology and Society in the time of Alfred Nobel* (Eds. Carl Gustaf Bernhard, Elisabeth Crawford and Per Sörbom, Pergamon Press, 1982) p. 311-331, p. 312-321.
 - 28 Elisabeth Crawford and Robert M. Friedman, The prizes, p. 314.
 - 29 Brief van Arrhenius aan Van ’t Hoff, 18 februari 1902, RMBA-VTH (No. 31). ‘Die allergrößte Freude bereitete mir die Nachricht, die ich am 2. Febr. erhielt, dass Sie und noch sechs andere Fachgenossen mich zum Erhalten der größten Auszeichnung in der Physik und Chemie vorgeschlagen haben.’ Dat jaar gingen beide prijzen nog aan zijn neus voorbij, maar het jaar erop werd hij met twaalf nominaties de overduidelijke winnaar van de Nobelprijs voor Scheikunde. Zie: Elisabeth Crawford, J.L. Heilbron and Rebecca Ullrich, *The Nobel population 1901-1937. A census of the Nominators and Nominees for the Prizes in Physics and Chemistry* (Office for History of Science and Technology, University of Berkeley, Berkeley, 1987).
 - 30 Code of Statutes of the Nobel Foundation, in: Elisabeth Crawford, *The beginnings*, p. 221-229, p. 222. ‘Works or inventions of older standing [were] to be taken into consideration only in case their importance have not previously been demonstrated.’
 - 31 Svante Arrhenius, Nobelprotokoll, 12 november 1901, Nobelarchief, Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
 - 32 Brief van Arrhenius aan Van ’t Hoff, 13 november 1901, RMBA-VTH (No. 31).
 - 33 Brief van Van ’t Hoff aan Arrhenius, 16 november 1901, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
 - 34 J.H. van ’t Hoff, Die Nobel Stiftung, *Deutsche Revue*, 27 (tweede kwartaal 1902) p. 80-86, p. 83.
 - 35 Albrecht Fölsing, *Wilhelm Conrad Röntgen. Aufbruch ins Innere der Materie* (Carl Hanser Verlag, München, 1995) p. 22-28. Röntgen bezocht in Utrecht eerst de Technische

- School, waar Gunning zijn leraar scheikunde was, en deed vervolgens toelatingsexamen voor de universiteit, waar hij natuurkunde wilde gaan studeren. Het examen in de klassieke talen bleek echter tot tweemaal toe een te grote hindernis en hij vertrok naar Zürich waar hij kon studeren zonder voorafgaand toelatingsexamen.
- 36 C.T. Odhner, Toespraak bij de uitreiking van de Nobelprijs voor Chemie, 10 december 1901, in: *Les Prix Nobel 1901* (Imprimerie Royale. P.A. Norstedt & Fils, Stockholm, 1904) p. 45. 'Auf Grund seiner bahnbrechenden Arbeiten über den osmotischen Druck, und über die chemische Dynamik [...]. Durch seine Untersuchungen auf den Gebieten der Atomtheorie und der Molekülllehre hat van 't Hoff die für die Theorie der Chemie wichtigsten Entdeckungen gemacht, welche seit Daltons Zeit zu verzeichnen sind.'
 - 37 Jan Koch, Brieven uit Berlijn. Bij onzen beroemden landgenoot, *Arnhemse Courant*, 19 december 1901.
 - 38 Het totale prijzengeld, voor vijf Nobelprijzen, bedroeg ongeveer 2-3 procent van het vermogen van 31 miljoen kronen, dus in totaal zo'n 800.000 kronen, hetgeen neerkwam op meer dan 150.000 kronen 'per prijs'. Dit kwam toentertijd overeen met ongeveer 100.000 gulden, een enorm bedrag, ongeveer twintig jaarsalarissen van een hoogleraar. Zie: Ingrid Carlberg, *Alfred Nobel. Het verhaal van een man en zijn tijd* (De Bezige Bij, Amsterdam, 2020) p. 584-589.
 - 39 De gouden Nobelprijzmedaille, tegenwoordig te bewonderen in het Rijksmuseum Boerhaave in Leiden, was nog niet klaar en werd hem pas half oktober 1902 nagestuurd. Zie: Brief van Van 't Hoff aan Aurivillius, 17 oktober 1902, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
 - 40 Jan Koch, Brieven uit Berlijn, 19 december 1901.
 - 41 *Les Prix Nobel 1901*, p. 62.
 - 42 In een voetnoot bij de lezing van Van 't Hoff wordt zelfs vermeld dat de spreker volgens de bepalingen van de Nobelstichting beperkt is in de keuze van zijn onderwerp en wordt verzocht om erop toe te zien geen zaken ter sprake te brengen die niet voor populaire weergave geëigend zijn. 'Der Vortragende ist durch die Bestimmungen der Nobelstiftung in der Auswahl des Themas beschränkt und ersucht um Nachsicht, wenn seine Darstellung Dinge berührt, welche sich nicht für populäre Fassung eignen.'
 - 43 Opvallend is wel dat hij de osmotische druk toeschreef aan de stootjes van opgeloste moleculen tegen het halfdoorlatende membraan (zie hoofdstuk 13 voor een uitgebreide discussie hierover).
 - 44 Er is wel gesuggereerd dat Van 't Hoff bij de uitreiking van de Nobelprijs zou hebben gezegd dat de prijs eigenlijk aan De Vries toekwam, maar dat is een fabeltje. Zeker is wel dat Van 't Hoff De Vries direct per telegram bedankt heeft, nadat hij het nieuws over de toekenning had vernomen. Zie: H.R. Oppenheimer, Hugo de Vries als Pflanzenphysiologe, *The Palestine Journal of Botany and Horticultural Science*, 1 (1935) p. 54.
 - 45 J.H. van 't Hoff, Nobel Vorlesung, p. 1-7.
 - 46 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 18 december 1901, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Hielt jedoch nicht entfernt bis zum Ende aus, so dass ihm wohl den Druckfehler in $K = -A / 2T^2$ entgangen ist.' 'Eine Zeitung worin mein Vortrag steht, ich selbst und ein Schwedischer Herr der sogar diesen Vortrag zu lesen anfängt ohne dass wir etwas voneinander wissen.'
 - 47 Ibidem. 'Verfehlten den Schnellzug in Stralsund und kamen sozusagen mit Handbetrieb nach Hause mittags gegen drei.'
 - 48 Ibidem. 'Ein Herr will mich für ein Bauunternehmen interessieren in Erzgebirge, ein Mädchen für ihre Studien in Holland, ein anderer Herr für ein Manuskript womit er den Friedenspreis fürs nächste Jahr erwischen möchte und so weiter.'

- 49 Jan Koch, Brieven uit Berlijn.
- 50 De Nobel-prijzen, *Algemeen Handelsblad*, 11 december 1901.
- 51 Notulen Gewone Vergadering van de Afdeling Natuurkunde, 27 december 1901, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_11_193-194).
- 52 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 18 december 1901, VTH-HA.
- 53 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 18 december 1901, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 54 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 18 december 1901, RMBA-VTH (No. 15).
- 55 Clémence Royer, ingezonden brief in *Le Siècle*, 14 december 1901. 'L'Académie des Sciences de Stockholm vient de décerner le prix Nobel pour la chimie au professeur Van 't Hoff comme inventeur de la "stéréochimie" ou "chimie dans l'espace".'
- 56 Ibidem. 'Les juges du Prix Nobel ont donc pu savoir que M. Van 't Hoff n'a pas inventé le premier la chimie géométrique. Si je n'ai jamais prononcé le mot savant de stéréochimie j'ai du moins professé la chose avant lui.'
- 57 *Overijsselsche en Zwolsche Courant* van 23 december 1901.
- 58 Brief van een redacteur van de *Chemiker Zeitung* aan Van 't Hoff, 14 januari 1902, RMBA-VTH (No. 15).
- 59 Brief van een redacteur van de *Chemiker Zeitung* aan Van 't Hoff, 18 januari 1902, RMBA-VTH (No. 15).
- 60 J.H. van 't Hoff, Ongedateerd briefconcept, RMBA-VTH (No. 15). 'Pour prévenir des malentendus.'
- 61 Joy Dorothy Harvey, *Almost a man of genius: Clémence Royer, feminism, and nineteenth-century science* (Rutgers University Press, New Brunswick, 1997).
- 62 Elisabeth Crawford, J.L. Heilbron and Rebecca Ullrich, *The Nobel population 1901-1937*.
- 63 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 25 februari 1905, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. Van 't Hoff refereerde in dit verband aan de Nobelprijs voor de Vrede, die het jaar ervoor was toegekend aan het Instituut voor Internationaal Recht in Gent.
- 64 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 20 oktober 1904, RMBA-VTH (No. 31). 'Bei den Unterhandlungen hier werden diese Angaben mir nützlich sein.'
- 65 Brief van Arrhenius aan Althoff, 28 november 1904, Geheime Staatsarchiv Berlijn (HA Nachlass Althoff, F.T. Nr. 660, Seite 156).
- 66 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 1 december 1904, JHUA (Ms 74, box 2, folder 1). 'Ohne [Althoffs] mächtige Hilfe war das Nobelinstitut noch wenigstens zehn Jahre unter den Schnee begraben.'
- 67 Mittag-Leffler had in 1895 ook al proberen te voorkomen dat Arrhenius benoemd zou worden tot hoogleraar natuurkunde aan de Höghskola. Nadat Arrhenius als enige had gesolliciteerd op de nieuwe positie, had Mittag-Leffler een comité van drie experts uitgenodigd om hun mening te geven over zijn aanstelling. Lord Kelvin, een van de drie, was uitgesproken negatief, omdat hij niet geloofde in de dissociatietheorie. Toen de benoeming leek te gaan mislukken, had Pettersson de hulp ingeroepen van Duitse collega's die brieven stuurden ter ondersteuning van Arrhenius. Die bleken achteraf niet nodig: Arrhenius werd gewoon benoemd met één tegenstem van Mittag-Leffler. Zie: Elisabeth Crawford, *Arrhenius*, p. 142-143.
- 68 Brief van Auwers aan Hasselberg, 2 december 1904, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. Brief van Auwers aan Mittag-Leffler, 2 december 1904, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Herr Arrhenius hat ohne Zweifel den Inhalt seine Besprechung mit Herrn Ministerialdirektor Althoff in seinem Schreiben an Ihre Akademie ganz

- richtig wiedergegeben, den Charakter jener Besprechung aber völlig missverstanden.'
- 69 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 4 december 1904, RMBA-VTH (No. 31).
- 70 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 9 december 1904, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Vollständig geordnet worden ist.'
- 71 Brief van Fischer aan Arrhenius, 9 december 1904, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Sie hatten also volles Recht, Ihren Herren Collegen, bezw. der Kgl. Regierung in Stockholm von diesem Anerbieten Anzeige zu machen.'
- 72 Brief van Arrhenius aan Van 't Hoff, 31 januari 1905, RMBA-VTH (No. 31). 'Also bin ich für einige Zeiten von Herrn Vogel als ein unzuverlässiger Schwätzer in den Protokollen meiner Akademie dargestellt worden.'
- 73 Brief van Kohlrausch aan Bjerknes, 8 februari 1905, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 74 Brief van Vogel aan Hasselberg, 11 februari 1905, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 75 Elisabeth Crawford, *Arrhenius*, p. 226.
- 76 J.H. van 't Hoff, Bezoek aan de Keizer van Duitsland, 10 februari 1902, RMBA-VTH (No. 16).
- 77 Uitnodiging voor het bijwonen van 'feierliche Beisetzung weiland Ihrer königlichen Hoheit der Frau Großherzogin Sophie' op maandag 29 maart 1897, JHUA (Ms 74, box 3, folder 5).
- 78 Uitnodiging voor het 'Ball im königlichen Schlosse zu Berlin', 2 maart 1897, RMBA-VTH (No. 11).
- 79 Uitnodiging voor het 'Enthüllungsfeier des Nationaldenkmals für den hochseligen Kaiser Wilhelm den Großen', 2 maart 1897, RMBA-VTH (No. 11).
- 80 Arrhenius was de eerste die het ontstaan van het noorderlicht toeschreef aan het binnendringen aan de polen van elektrisch geladen deeltjes afkomstig van de zon. Hoewel de precieze oorzaak van het ontstaan van dit lichtverschijnsel begin 1900 nog onduidelijk was, stond Arrhenius met zijn onderzoek wel aan de basis van de moderne verklaring van dit verschijnsel. Zie: Elisabeth Crawford, *Arrhenius*, p. 159-162.
- 81 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 11 februari 1902, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Da stellte sich dann heraus das die hohen Herrschaften im Tage bei Vogel in Potsdam waren und von ihm über das Nordlicht unterhalten wurden; nun interessiert der Kaiser sich schon seit längerer Zeit für ihr Nordlicht-Theorie und hörte in Potsdam dass Sie noch bei mir gearbeitet hatten. Ich habe mich dann über meine etwas indirekte Beziehungen zum Nordlicht entschuldigt.'
- 82 In verschillende Nederlandse kranten verscheen zo'n twee weken na het bezoek een vrij uitgebreid verslag ervan, dat tot in detail overeenkomt met wat Van 't Hoff er zelf over op schrift stelde (zie noot 76). Blijkbaar heeft hij dat document met de Berlijnse correspondent Jan Koch gedeeld. Diens verslag verscheen onder andere in de *Bredasche Courant* van 23 februari, de *Leeuwarder Courant* van 24 februari en de *Haagsche Courant* van 26 februari.

19 Het kompas verloren

- 1 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 31 december 1901, VTH-HA.
- 2 Dagboek van de reis naar Amerika (deel 2, van 15 juni-28 juni 1901), RMBA-VTH (No. 29).
- 3 J.H. van 't Hoff, Raoult Memorial Lecture, *Journal of the Chemical Society. Transactions*, 81 (1902) p. 969-981.
- 4 Het was kenmerkend voor Van 't Hoff om voor necrologieën, bijdragen aan jubileum-

banden of herdenkingslezingen te rade te gaan bij anderen voor informatie om een zo diepgaand mogelijk beeld te krijgen van de betreffende persoon. Dit gold voor zijn toespraak bij het Berzelius-Feier, voor de Raoult Memorial Lecture en de Gedächtnisrede voor Hans Landolt, die hij in 1910 hield.

- 5 *Algemeen Handelsblad*, 17 april 1902.
- 6 *Haagsche Courant*, 18 april 1902.
- 7 *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 17 april 1902.
- 8 Dit ondanks inspanningen van de in 1874 opgerichte 'Vereeniging tot invoering der Lijkenverbranding in Nederland'. Die bouwde in 1913 het crematorium Westerveld te Driehuis bij Velsen, waar op 1 april 1914 de eerste crematie plaatsvond. Zie: https://nl.wikipedia.org/wiki/Koninklijke_Vereeniging_voor_Facultatieve_Crematie
- 9 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, februari 1887, VTH-HA.
- 10 Dagboek van de reis naar Amerika (deel 2, van 15 juni-28 juni 1901), RMBA-VTH (No. 29).
- 11 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 23 oktober 1887, Van 't Hoff Papers in The Milton S. Eisenhower Library (Special Collections) van de Johns Hopkins University in Baltimore (Ms 74, box 1, folder 4).
- 12 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 31 augustus 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 13 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 28 september 1902, RMBA (a97).
- 14 Inventaris van de Militieregisters 1828-1940, Stadsarchief Amsterdam.
- 15 Brief van B&W van Amsterdam aan Van 't Hoff, 19 juni 1902, JHUA (Ms 74, box 3, folder 10).
- 16 Brief van Van 't Hoff aan B&W van Amsterdam, 20 juli 1902, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Militaire Zaken en rechtsvoorgangers (5182_1271).
- 17 Brief van B&W van Amsterdam aan de Nationale Militie, 28 augustus 1902, Stadsarchief Amsterdam, Archief van de Afdeling Militaire Zaken en rechtsvoorgangers (5182_1273).
- 18 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, 20 oktober 1902, VTH-HA. Terwijl de Duitse keizer in 1896 tijdens de Eerste Boerenoorlog openlijk zijn steun aan Paul Kruger en de strijd van de Boeren had uitgesproken, hetgeen hem op verontwaardigde reacties vanuit Engeland was komen te staan, hield hij zich in 1899, toen de Tweede Boerenoorlog uitbrak, angstvallig stil, weigerde hij gezanten van Paul Kruger te ontvangen en stelde hij zich neutraal op. De Tweede Boerenoorlog was op 31 mei 1902 ten einde gekomen. Zie: Miranda Carter, *The three emperors: three cousins, three empires and the road to World War One* (Penguin Books, London, 2010) p. 258-265 en p. 282-289.
- 19 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 3 juli 1903, in: Hans-Günther Körber, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969) p. 304. 'Die möglichen Trostgründe liegen ja in Ihrem Fall vor und Sie schrieben das auch mir, vor einem Jahr. Dennoch habe ich es nie so schwer empfunden wieder Interesse an der Arbeit zu bekommen, was sonst bei mir immer von selbst ging.'
- 20 M. Centnerszwer, Über kritische Temperaturen der Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 46 (1903) p. 427-501.
- 21 J.H. van 't Hoff, De moleculaire verlaging der kritische temperatuur, *Chemisch Weekblad*, 1 (1903) p. 93-96, p. 96.
In de titel wordt gesproken over een verlaging van de kritische temperatuur, terwijl in het artikel zelf steeds sprake is van een verhoging.
- 22 J.H. van 't Hoff, Einfluß der Änderung der spezifischen Wärme auf die Umwandlungsarbeit, in: *Festschrift Ludwig Boltzmann, gewidmet zum sechzigsten Geburtstage, 20 februari 1904* (Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1904) p. 233-241.
- 23 Brief van Richards aan Van 't Hoff, 14 september 1904, RMBA-VTH (No. 30). 'Your paper in Boltzmann's *Festschrift* pleased me very much. It not only offered valuable confir-

- mation of the relation between bound energy and heat capacity change, but also gave me the pleasant feeling that I had done a little to advance thermodynamics.’
- 24 Brief van Planck aan Van 't Hoff, 3 november 1904, RMBA-VTH (No. 18). Brief van Planck aan Van 't Hoff, 11 november 1904, RMBA-VTH (No. 18).
 - 25 The Dalton centenary. Degree ceremony at the Owens College, *The Manchester Guardian*, 21 mei 1903. ‘The chemical atoms, conceived of as solid by Dalton, had in the course of time come to be regarded by many as mere unsubstantial centres until the imagination of Van 't Hoff, more powerful than the poet's pen, turned those airy nothings into shapes, and restoring to us the solid atom, gave us chemistry in space.’
 - 26 Anoniem, The Dalton celebrations at Manchester, *Science*, 17 (1903) p. 954-955.
 - 27 Jeffrey Allan Johnson, Zwischen Nationalismus und Internationalismus: die Deutsche Chemische Gesellschaft 1867-1945, *Angewandte Chemie*, 129 (2017) p. 11190-11204.
 - 28 Jean d'Ans, J.H. van 't Hoff's Jahre in Berlin 1896-1911, *Chemiker Zeitung*, 76 (1952) p. 545-548, p. 547. ‘Ich vergesse nicht die Begegnung dieser zwei weltberühmten Fachgenossen, beide Nobelpreisträger (van 't Hoff 1901, Arrhenius 1903), beide erregt durch die Einmaligkeit und Bedeutung des Ereignisses, daß der Freund dem Freunde im Namen der angesehensten Chemischen Gesellschaft höchste Ehre darzubringen hatte.’
 - 29 W. Herz, Albert Ladenburg, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 45 (1912) p. 3597-3644. ‘Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung.’
 - 30 Albert Ladenburg, *Lebenserinnerungen* (Kommissionsverlag von Trewendt & Granier, Breslau, 1912) p. 140.
 - 31 Ibidem, p. 141. ‘Auch als ich am anderen Morgen van 't Hoff begrüßte, fand ich ihn sehr kühl, und er meinte, er hatte große Angst ausgestanden. Was aber hatte ich getan? Ich hatte religiöse Fragen gestreift, die ich alle mit größter Freimut und meiner Auffassung entsprechend beantwortet hatte.’
 - 32 Albert Ladenburg, *Naturwissenschaftliche Vorträge in gemeinverständlicher Darstellung* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, 1911) p. 231-264, p. 231. ‘Im 1. Buch Moses steht zu lesen: Gott sprach: Es werde Licht. Und es ward Licht. Hell in den Köpfen ward es aber erst, als die Heiligkeit der Bibel bezweifelt, und sie, wie alle Bücher, als Menschenwerk angesehen wurde.’
 - 33 Ibidem, p. 239. ‘Diese naturwissenschaftlichen Erkenntnisse [haben] die alten biblischen Vorstellungen, die Vorurteile und den Aberglauben des Mittelalters ausgerottet.’
 - 34 Ibidem, p. 239. ‘Das Alte Testament ist das Werk phantasiereicher Menschen, und auch das Neue Testament kann nicht göttlichen Ursprungs sein.’
 - 35 Ibidem, p. 249. ‘So führt denn [...] die naturwissenschaftliche Forschung [...] zu einer Negation aller religiösen Vorstellungen.’
 - 36 Andrew Dickson White, *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom* (McMillan and Company, London, 1896).
 - 37 De *Neue Preussische Kreuz-Zeitung* van 19 März 1904 noemde de rede van Ladenburg ‘godslasterlijk en een belediging voor alle gelovige Christenen’ en zijn collega Wilhelm Lossen, hoogleraar scheikunde in Königsberg, publiceerde een vlammend pamflet gericht tegen Ladenburg, waarin hij het bestuur van de *Gesellschaft* met klem om een reactie verzocht en om maatregelen om dit soort incidenten in de toekomst te voorkomen. Zie: Wilhelm Lossen, *Offener Brief an Albert Ladenburg und Offene Anfrage an den Vorstand der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte* (Bachem Verlag, Köln, 1903).
 - 38 Albert Ladenburg, *Lebenserinnerungen*, p. 143.
 - 39 Ibidem, p. 144. ‘Van 't Hoff dagegen zeigte sich als ein schwacher Charakter und scheint mit dem Vorgehen [...] einverstanden gewesen zu sein.’

- 40 Wilhelm Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Dritter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927) p. 224. 'Weil er mir nicht eben viel Neues zu sagen schien.'
- 41 *Geschäfts-bericht des Vorstandes der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte über das Jahr 1903*, p. 5-6.
- 42 Briefkaart van Van 't Hoff aan Cohen, 4 mei 1896, RMBA (a97).
- 43 *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 257-259, p. 258. 'Als Naturforscher den religiösen Ueberlegungen etwas fernstehend, ziehe ich nur den praktischen Schluss, dass die religiösen Grundgedanken für das Leben, die atomistische Auffassung für die Chemie im grossen Ganzen das Richtige zeigt.'
- 44 N. van Harpen, *Nederland-Zuid-Afrika* (Amsterdam, 1899) p. 7.
- 45 Anonieme, ongedateerde brief aan Van 't Hoff.
- 46 J.H. van 't Hoff, Die Christ-soziale Politik (eine Nachbetrachtung), *Neue Freie Presse*, 29 december 1907. 'Es sah aus, als wäre unsere moderne aufgeklärte Zeit nur um wenige Schritte dem Mittelalter voraus. Wir sind die traurige Scholastik des Mittelalters losgeworden; damals war es nur erlaubt, Entdeckungen zu machen, die mit dem Dogma der Kirche vereinbar waren.'
- 47 Ibidem. 'Fragen muß man sich, wozu all dieser Streit und Hader! Wo fängt der unnötige Streit [...] eigentlich an? Nicht bei demjenigen, der glaubt, und auch nicht bei demjenigen, der forscht, und auch nicht beim zweiten Schritt, beim Mitteilen der eigenen Forschungsergebnisse oder des Inhalts der religiösen Überzeugung. Aber das Aufzwingen von Meinung und Überzeugung bringt das fatale Moment hinein.'
- 48 Wilhelm Füßl, *Oskar von Miller 1855-1934. Eine Biographie* (C.H. Beck Verlag, München, 2005) p. 251-266.
- 49 Brief van Van 't Hoff aan Von Miller, 22 juni 1903, Deutsches Museum Archiv (HS2816).
- 50 Brief van Van 't Hoff aan Von Miller, 15 juli 1903, Deutsches Museum Archiv (HS2762).
- 51 Brief van Von Miller en Von Dyck aan Van 't Hoff, 5 juni 1905, Deutsches Museum Archiv (VA 293/3). 'Vielleicht eine Besprechung der holländischen wissenschaftlichen Museen als Vorbilder für alle späteren ähnlichen Anstalten, oder eine Besprechung des Wertes der historischen Studien für die weitere Entwicklung der Forschung.'
- 52 Brief van Van 't Hoff aan Von Miller, 27 juni 1905, Deutsches Museum Archiv (VA 293/3). 'Etwas trocken [...] ein Museum ansehen ist schon für viele Menschenkinder so eine Sache, die Beschreibung eines Museums anhören ist aber noch wesentlich schlimmer.'
- 53 Brief van Von Miller aan Van 't Hoff, 28 juni 1905, Deutsches Museum Archiv (VA 293/3).
- 54 J.H. van 't Hoff, Teyler's Museum en de beteekenis van geschiedkundige verzamelingen voor natuurwetenschap en industrie, *De Gids* (1906) p. 338-349, p. 339.
- 55 J.H. van 't Hoff, Teyler's Museum, p. 344.
- 56 Brief van Von Miller aan Van 't Hoff, 10 oktober 1905, Deutsches Museum Archiv (VA 293/3). 'Ich kann nicht leugnen, dass die in Ihrem Vortrage vorgebrachten Bedenken in ängstlich gestimmten Gemütern namentlich solcher Personen, die um die Beisteuer erheblicher Mittel für unser Museum angegangen wurden, grössere Befürchtung hervorgerufen hat, als Sie wohl selbst vorausgesetzt hatten.'
- 57 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 9 oktober 1905, RMBA (a97).
- 58 J.H. van 't Hoff, Teyler's Museum, p. 338-339.
- 59 Brief van Von Miller aan Van 't Hoff, 10 oktober 1905, Deutsches Museum Archiv (VA 293/3). 'Um dasselbe in unseren Archiven dauernd zu bewahren.'
- 60 Brief van Van 't Hoff aan Von Miller, 8 oktober 1905, Deutsches Museum Archiv (VA 293/3). 'Nach vieler Meinung spricht in demselben nicht genügend Wärme für das neue Unternehmen, weil ich es für meine Pflicht gehalten habe auf diesbezügliche

Erfahrung hinzuweisen. Dieselbe war nicht immer günstig und ich versuchte anzu-
deuten wie nach meiner Meinung dies abzuwenden sei.'

- 61 J.H. van 't Hoff, Das Teyler-Museum in Haarlem und die Bedeutung historischer Sammlungen für Naturwissenschaft und Technik, *Vorträge und Berichte des Deutschen Museums*, Heft 9 (1912) p. 1-10.
- 62 Martin Weiss, Hoe Haarlem bijna München dwarsboomde. Van 't Hoff's lezing over Teylers Museum bij het Deutsches Museum in 1905, in: *Dingen die ergens toe dienen, Verhalen over materiële cultuur van wetenschap* (Verloren, Hilversum, 2017) p. 182-185, p. 184.
- 63 Brief van Von Miller aan Van 't Hoff, 2 maart 1904, Deutsches Museum Archiv (va 0016/1).
- 64 Brief van Van 't Hoff aan Von Miller, 21 april 1904, Deutsches Museum Archiv (va 0001/4). Dit is naast het exemplaar dat in het bezit is van het Museum Boerhaave, de enige overgebleven set molecuulmodellen.
- 65 Brief van Van 't Hoff aan Von Miller, 12 augustus 1904, Deutsches Museum Archiv (va 0001/4).
- 66 *Handelingen van het Elfde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig congres gehouden te Leiden van 4-6 april 1907* (J.L.E.I. Kleijnenberg, Haarlem, 1907) p. 50-52.
- 67 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 31 december 1906, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Baeyer schrieb die Zustände in München sind urkomisch, jedermann schimpft auf das Museum und jedermann gibt dem Miller Geld dafür.'

20 Opleving en neergang

- 1 J.H. van 't Hoff, Dagboek I (oktober-december 1905), 28 oktober 1905, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 2 J.H. van 't Hoff, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. LI. Boracalit und die künstliche Darstellung von Ascharit, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1907 (zweiter Band) p. 652-663.
- 3 J.H. van 't Hoff, Dagboek III (februari-mei 1906), 6 mei 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7). Adolf Engler was een botanicus en Hermann Thoms een farmaceut.
- 4 J.H. van 't Hoff, Dagboek IV (mei-oktober 1906), 1 augustus 1906, VTH-HA.
- 5 Ibidem, 10 augustus 1906.
- 6 J.H. van 't Hoff, Die Thermochemie, *Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines* (1906) p. 1-4.
- 7 *Arnhemsche Courant*, 22 maart 1906.
- 8 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 22 maart 1906, RMBA (a97).
- 9 William Herbert Hobbs, The Grand Eruption of Vesuvius in 1906, *The Journal of Geology*, 14 (1906) p. 636-655.
- 10 J.H. van 't Hoff, Dagboek III (februari-mei 1906), 13 april 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 11 Brief van moeder Van 't Hoff aan Bert van 't Hoff, 5 april 1874, VTH-HA.
- 12 Lord Byron, Satyres. The Age of Bronze, in: Lord Byron, *The Complete Poetical Works of Lord Byron* (Ed. Paul Elmer More, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1905) p. 300.
- 13 J.H. van 't Hoff, Dagboek III (februari-mei 1906), 19 april 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 14 J.H. van 't Hoff, De voorspelling van een rectoraatsrede verwezenlijkt, *Gedenkboek Van Bemmelen* (C. de Boer jr., Helder, 1910) p. 380-385, p. 384.
- 15 J.H. van 't Hoff, Dagboek V (oktober 1906-januari 1907), 22 oktober 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).

- 16 Ibidem, 18 november 1906.
- 17 Dit *Verband der wissenschaftlichen Körperschaften* was in 1893 opgericht als samenwerkingsverband van vier Akademies van Wetenschappen (Göttingen, Wenen, Leipzig en München). De Pruisische Akademie die wel bij de voorbereidende besprekingen betrokken was geweest, werd pas in 1906 lid, het jaar dat Van 't Hoff dus als gedelegeerde deelnam.
- 18 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 30 oktober 1906, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 19 Brief van Aleida van 't Hoff aan Cohen, 22 april 1907, RMBA (a97).
- 20 Brief van Jenny aan moeder Van 't Hoff, 24 april 1907, RMBA-VTH (No. 21).
- 21 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 552.
- 22 Brief van Johan aan Bert, 21 mei 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 23 Jenny van 't Hoff jr., Over de ziekte van Papa enz. De jaren 1907 tot 1911. *Herinneringen van Mevrouw J.F. Behn-van 't Hoff*, gedateerd 27 maart 1960, VTH-HA.
- 24 J.H. van 't Hoff, Prof. Dr. Hendrik Willem Bakhuis Roozeboom, 24 oktober 1854-8 februari 1907, *Chemiker Zeitung*, 31 (1907) p. 199-200. 'Schon wieder ein Toter! Man bekommt unwillkürlich das Gefühl, dort zu stehen, wo die Granaten aufschlagend auseinander bersten. Hier fiel vor kurzem mein langjähriger Mitarbeiter Meyerhoffer, und da liegt nun auch mein Nachfolger, dem die Zukunft in die Hände gegeben war.'
- 25 *Algemeen Handelsblad*, 22 juni 1907.
- 26 Andreas Jüttemann, *Die preußischen Lungenheilstätten 1863-1934* (Dissertation vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin, 2015) p. 158-161.
- 27 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 24 november 1907, RMBA (a97).
- 28 Brief van Jenny aan moeder Van 't Hoff, 30 juni 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 29 Brief van Van 't Hoff aan moeder Van 't Hoff, 8 september 1907, RMBA-VTH (No. 21).
- 30 Derek S. Linton, *Emil von Behring: infectious disease, immunology, serum therapy*, Memoirs of the American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting useful knowledge; vol. 255 (American Philosophical Society, Philadelphia, 2005).
- 31 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 26 september 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 32 Anoniem, Behring's serum, *The Hospital*, 15 september 1906, p. 416.
- 33 J.H. van 't Hoff, Sanatoriums-Betrachtung, *Biochemische Zeitschrift. Festband, H. J. Hamburger gewidmet* (Julius Springer, Berlin, 1908) p. 260-263. 'Mehr den Charakter eines Lebenszeichens als einer Leistung beansprucht. Vielleicht ist es auch einem Jubilar angenehmer, unter den Beiträgen dann und wann Minderwertiges anzutreffen, als daß sich bei jeder weiteren Abhandlung das Gefühl eigener Kleinheit immer peinlicher ihm aufdrängt.'
- 34 Hamburger reageerde hierop per brief op 9 juni 1908 (RMBA-VTH (No. 32)): 'En dat is niet waar en dat kán ook niet waar zijn, omdat een groot wetenschappelijk man evenmin als een groot artist tweederangs werk kan leveren.'
- 35 Wilhelm Ostwald, Jacobus Henricus van 't Hoff, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 44 (1911) p. 2219-2252. 'Wie er hier die Erscheinungen des unaufhaltsam verrinnenden eigenen Lebens mit objektiver Wissenschaftlichkeit untersucht.'
- 36 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 11 oktober 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 37 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 8 oktober 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 38 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 24 december 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).

- 39 Brief van Aronstein aan Van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 22 december 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 40 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 31 december 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 41 Toni Nijhof-Brink, persoonlijke mededeling.
- 42 Vrouwen hadden weliswaar toegang tot de universiteit, maar vanaf 1870 waren er slechts zeer mondjesmaat vrouwelijke studenten te vinden. Zie: Inge de Wilde, *Nieuwe deelgenoten in de wetenschap. Vrouwelijke studenten en docenten aan de Rijksuniversiteit Groningen 1871-1919* (Van Gorcum, Assen, 1998).
- 43 Prospekt der Obst- und Gartenbauschule Marienfelde bei Berlin, Kreis Teltow (1899). 'Frauen und Mädchen mit guter Schulbildung durch theoretischen Unterricht und praktische Arbeiten so auszubilden, dass sie im Stande sind, als Berufsgärtnerinnen Stellungen zu bekleiden.'
- 44 Balboekje Jenny jr., VTH-HA.
- 45 Jenny van 't Hoff jr., Jenny's keuze: Behn-Mallinckrodt-Van 't Hoff. Herinneringen aan 1908, *Herinneringen van Mevrouw J.F. Behn-van 't Hoff*, gedateerd 23 juni 1963, VTH-HA.
- 46 Ibidem.
- 47 In een brief aan de Duitse natuurkundige Wilhelm Wien schrijft Van 't Hoff dat 'Behn's Persönlichkeit in einer unverdient unfreundlichen Beleuchtung dargestellt wird. Diese Anspielungen gehen wesentlich von Frankfurt aus, wo er sich allerdings, gesellschaftlich etwas zurückgezogen hat, unwissend dass man mit dem betreffenden Stellungsinhaber auch persönlichen Verkehr wünscht.' Brief van Van 't Hoff aan Wien, 31 maart 1906, Deutsches Museum Archiv, Nachlass Wilhelm Wien.
- 48 Protokolle der Vorstandssitzung von 9 März 1905, Frankfurter Stadtarchive (ISG_V17_00007 Auszug).
- 49 Ulrich Behn, Vita, 8 oktober 1906, Geheime Staatsarchive Berlijn (VI. HA, Nachlass Althoff, F.T., Nr. 667).
- 50 Brief van Behn aan de Vorstand des Physikalischen Vereins, 29 januari 1904, 1 maart 1904, 3 augustus 1904 en 24 november 1904, Frankfurter Stadtarchive (ISG_V17_00197 Auszug).
- 51 Protokolle der Vorstandssitzung von 13 April 1905, Frankfurter Stadtarchive (ISG_V17_00007 Auszug). 'Es wäre immerhin eine Möglichkeit, dass Herr Behn doch gehalten werden könnte.'
- 52 J.H. van 't Hoff, Dagboek I (oktober-december 1905), 30 november 1905, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 53 J.H. van 't Hoff, Dagboek II (december 1905-februari 1906), 31 december 1905, VTH-HA.
- 54 Brief van Van 't Hoff aan Fischer, 7 januari 1906, The Emil Fischer Papers (BANC MSS 711952), The Bancroft Library, University of California, Berkeley. Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 23 maart 1906, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. Brief van Van 't Hoff aan Wien, 31 maart 1906, Deutsches Museum Archiv, Nachlass Wilhelm Wien. J.H. van 't Hoff, Dagboek III (februari-mei 1906), 9 april 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7). 's Middags nog met Naumann over Ulrich gesproken. Aken komt in oktober vrij door vertrek van Hagenbach.'
- 55 J.H. van 't Hoff en U. Behn, Die gegenseitige Verwandlung der Calciummonoborate, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1906 (erster Band) p. 653-656.
- 56 Brief van de Vorstand des Physikalischen Vereins aan Behn, 29 maart 1906, Frankfurter Stadtarchive (ISG_V17_00203 Auszug).
- 57 Haar volledige naam luidde: Johanna Anna Augusta Behn.

- 58 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 3 januari 1907, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Wenn Gott einmal einen Augenblick frei hat um an meine Interessen zu denken, dann möge er Dr. Behn eine feste Anstellung besorgen.'
- 59 Brief van Jenny aan moeder Van 't Hoff, 29 juli 1907, RMBA-VTH (No. 21).
- 60 J.H. van 't Hoff, Dagboek I (oktober-december 1905), 24 november 1905, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 61 J.H. van 't Hoff, Dagboek II (december 1905-februari 1906), 31 december 1905, VTH-HA.
- 62 J.H. van 't Hoff, Dagboek III (februari-mei 1906), 1 maart 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 63 Charles D. Snyder, Der Temperaturkoeffizient der Geschwindigkeit der Nervenleitung, *Archiv für Physiologie, Physiologische Abteilung des Archives für Anatomie und Physiologie* (1907) p. 113-117. Charles D. Snyder, Der Temperaturkoeffizient der Frequenz des überlebenden Sinus des Froschherzens bei extremen Temperaturen und bei zunehmendem Alter des Präparates, *Archiv für Physiologie, Physiologische Abteilung des Archives für Anatomie und Physiologie* (1907) p. 118-125. Charles D. Snyder, Der Temperaturkoeffizient für die Rhythmik der Bewegungen glatter Muskeln, *Archiv für Physiologie, Physiologische Abteilung des Archives für Anatomie und Physiologie* (1907) p. 126-128.
- 64 J.H. van 't Hoff, Dagboek V (oktober 1906-januari 1907), 11 november 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 65 In Memoriam Charles David Snyder (1871-1973), *The Physiologist*, 16 (1973) p. 688-689.
- 66 Zij kregen op 23 juni 1909 een dochter, Anna Aleida. In september 1910 volgde opnieuw een dochter, Francina Elisabeth, en in mei 1916 ten slotte nog een zoon, Thoma Mees, die later als kernfysicus betrokken zou raken bij het Manhattan-project, de ontwikkeling van de eerste Amerikaanse atoombom in Los Alamos.
- 67 John W. Servos, *Physical chemistry from Ostwald to Pauling. The making of a science in America* (Princeton University Press, Princeton, 1990) p. 229-234.
- 68 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 21 augustus 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 69 Brief van Jenny aan moeder Van 't Hoff, 29 augustus 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 70 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 31 augustus 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 71 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 27 oktober 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 72 Brief van Van 't Hoff aan moeder Van 't Hoff, 14 december 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 73 Haar volledige naam luidde: Marie Aleida Lore Toni Behn.
- 74 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 13 juli 1908, RMBA (a97).
- 75 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 11 februari 1908, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 76 Johann Heinrich Lahmann (1860-1905) was een Duitse arts en natuurgenezer. Zijn kuur was gebaseerd op een vegetarisch dieet en op baden en gymnastiekoefeningen in de vrije natuur.
- 77 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 13 juli 1908, RMBA (a97).
- 78 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 27 juli 1908, RMBA (a97).
- 79 *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 257-259, p. 258. 'Und vor noch nicht langer Zeit, als mir das Schwerste zugefügt wurde, was einem Vater von seinem Sohne zuteil werden

- kann, und alles dunkel schien, habe ich Licht gefunden im religiösen Gedanken, der da sagt: "Richtet nicht, damit ihr nicht gerichtet werdet."
- 80 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 27 juli 1908, RMBA (a97).
 - 81 In zijn dagboek tekent Van 't Hoff op 6 oktober op: "s Avonds [...] blijft de klok stilstaand; ik zeg "daar sterft iemand." Zijn broer Bert overleed die avond. Toen later de Berlijnse correspondent van de *Nieuwe Courant* J.K. Koch overleed, met wie Van 't Hoff bevriend was, meldde Van 't Hoff in zijn dagboek dat de klok opnieuw stil was blijven staan. Zie: J.H. van 't Hoff, Dagboek IX (augustus 1908-maart 1909), 6 oktober 1908 en 10 februari 1909, VTH-HA.
 - 82 Brief van de Kultusminister aan Van 't Hoff, 7 december 1908, Archiv Humboldt Universität, Berlijn (Phil. Fak. 1454 #129).
 - 83 J.H. van 't Hoff, Dagboek IX (augustus 1908-maart 1909), 9 december 1908, VTH-HA. De opmerking over zijn echtgenote Jenny heeft te maken met het feit dat *Geheimrate* recht hadden op een staatspensioen, dat bij hun dood overging op de echtgenote.
 - 84 J.H. van 't Hoff, Dagboek XII (maart-oktober 1910), 17 juli 1910, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
 - 85 J.H. van 't Hoff, Dagboek I (oktober-december 1905), 23 november 1905, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
 - 86 J.H. van 't Hoff, Dagboek III (februari-mei 1906), 6 april 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
 - 87 Brief van Van 't Hoff aan moeder Van 't Hoff, 8 september 1907, RMBA-VTH (No. 21).
 - 88 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 28 september 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
 - 89 Brief van Jenny aan moeder Van 't Hoff, 5 maart 1908, RMBA-VTH (No. 22).
 - 90 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 7 september 1908, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
 - 91 *Het Van 't Hoff monument te Rotterdam* (Naamlooze Vennootschap v/h Ipenbuur & Van Seldam, Amsterdam, 1915) p. 27.
 - 92 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, 1886, VTH-HA.
 - 93 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 30 augustus 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
 - 94 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 6 september 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
 - 95 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, 31 december 1892, VTH-HA.
 - 96 Brief van Jenny aan Han, 9 juni 1903, VTH-HA.
 - 97 Brief van Van 't Hoff aan Ostwald, 27 januari 1905, Archief van de Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Nachlass Ostwald Nummer 3106. 'Ich hatte damals als guter Vater so sorgfältig überlegt; eine Großstadt wollte Henry, und es gibt dann drei, München, Leipzig, Berlin; in München ist zu viel Bier, in Berlin sind zu viel Mädchen und so optierte ich für Leipzig, wobei noch unsere guten Beziehungen in Zuschlag kamen.'
 - 98 Brief van Ostwald aan Van 't Hoff, 23 januari 1905, VTH-HA. 'Dass er unsere Tochter Elsbeth innig liebe und uns um die Erlaubnis bäte, ihr das zu sagen und die entsprechenden Konsequenzen zu ziehen.'
 - 99 Ibidem. 'Ich brauche nicht hinzuzufügen, dass ich glücklich und stolz gewesen wäre, wenn unsere Beziehungen durch verwandtschaftliche Band noch fester geworden wären.'
 - 100 Brief van Han aan Van 't Hoff, 19 februari 1905, VTH-HA.
 - 101 Han werd op 6 mei 1905 in Leipzig uitgeschreven. (Studentenkartei, Quaesturo36684, Universitätsarchiv Leipzig).
 - 102 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 10 mei 1905, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Wir haben eine ziemlich unruhige Osterferien hinter uns, [...] durch die Anwesenheit von Henry, der bei der Arbeit für

- sein Examen geholfen werden musste und auch als Person nicht leicht zu handhaben ist. Nun ist [er] in Freiburg und wir ruhen uns ein bisschen aus.'
- 103 Op 28 juli 1905.
- 104 Brief van Von Miller aan Van 't Hoff, 7 september 1905, Deutsches Museum Archiv (va 293/3). 'In das erste Artillerie-Regiment, in welchem für dieses Jahr sehr viele junge Leute aus angesehenen Familien angemeldet sind.'
- 105 Pas in juli 1907 werd hij herkeurd: 'Hij was al weder bijna genomen, maar toen hij een woord over zijn oogen zei (die niet beide eender zijn), [...] was het genoeg, waarop de keurder met de vuist op tafel slaande [riep]: "Dann Landsturm mit Waffen". Dat betekende zoveel als een uitstel, zolang er maar geen oorlog zou uitbreken. Zie: Brief van Jenny aan moeder Van 't Hoff, 29 juli 1907, RMBA-VTH (No. 21).
- 106 J.H. van 't Hoff, Dagboek II (december 1905-februari 1906), 16 december 1905, VTH-HA.
- 107 Als je gebrek hebt aan geld, heb je gebrek aan alles.
- 108 J.H. van 't Hoff, Dagboek I (oktober-december 1905), 28 oktober 1905, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 109 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 10 mei 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 110 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 31 mei 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 111 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 31 mei 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 112 J.H. van 't Hoff, Dagboek V (oktober 1906-januari 1907), 24 november 1906, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 113 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 9 oktober 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 114 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 6 november 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 115 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 22 december 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 116 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 22 januari 1908, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 117 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 2 en 4 december 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 118 Brief van Jacob van 't Hoff aan moeder Van 't Hoff, 10 september 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 119 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 27 juli 1908, RMBA (a97).
- 120 J.H. van 't Hoff, Die Christ-soziale Politik (eine Nachbetrachtung), *Neue Freie Presse*, 29 december 1907.
- 121 J.H. van 't Hoff, Dagboek VII (juli 1907-februari 1908), 12 december 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 122 In 1870 opgericht door Felix Anton Dohrn voor de bestudering van het dierlijk leven in zee.
- 123 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 3 september 1908, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 124 J.H. van 't Hoff, Dagboek IX (augustus 1908-maart 1909), 17 september 1908, VTH-HA.
- 125 J.H. van 't Hoff, Dagboek X (maart-oktober 1909), 7 april 1909, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 126 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 5 juni 1908, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 127 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 31 juli 1908, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 128 J.H. van 't Hoff, Dagboek XI (september 1909-maart 1910), 16 maart 1910, VTH-HA.
- 129 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 1 juli 1909, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 130 Henri van 't Hoff, Das Verhalten des Glykogens bei ruhenden und fliegenden Tauben, *Archiv für Physiologie, Physiologische Abteilung des Archives für Anatomie und*

Physiologie (1910) p. 85-96. Dit is een artikel dat gebaseerd is op Hans dissertatie, die onder dezelfde titel verscheen bij G. Schade in Berlijn.

- 131 J.H. van 't Hoff, Dagboek XI (september 1909-maart 1910), 10 oktober 1909, VTH-HA.
- 132 J.H. van 't Hoff, Dagboek XI (september 1909-maart 1910), 9 december 1909, VTH-HA.
- 133 Brief van Van 't Hoff aan Ernst Ehlers, 22 mei 1910, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen. Brief van Van 't Hoff aan Theodor Boveri, 24 mei 1910, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 134 Documenten betreffende Henri van 't Hoff jr., VTH-HA.

21 Bescheiden, beminnelijk en blijmoedig

- 1 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 8 oktober 1907, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 2 J.H. van 't Hoff, Dagboek x (maart-oktober 1909), 25 maart 1909, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 3 J.H. van 't Hoff, Dagboek x (maart-oktober 1909), 19 mei 1909, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 4 J.H. van 't Hoff, Dagboek x (maart-oktober 1909), 21 mei 1909, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 5 Brief van Jenny aan Van 't Hoff, 5 juni 1909, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 6 I. und II. Jubelband für Svante Arrhenius zur Feier des 25-jährigen Bestandes seiner Theorie der elektrolytischen Dissociation gewidmet von seinen Freunden und Schülern, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 69 (1909) p. 1-685 en 70 (1910) p. 1-643. J.H. van 't Hoff, Ein Apparat zur Gipsprüfung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 70 (1909) p. 146-152.
- 7 J.H. van 't Hoff, Über synthetische Fermentwirkung I, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1909 (zweiter Band) p. 1065-1076.
- 8 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 575-576.
- 9 Brief van Vieweg aan Cohen, 19 augustus 1911, RMBA-VTH (No. 38).
- 10 Briefconcept van Cohen aan Vieweg, 28 augustus 1911, RMBA-VTH (No. 38).
- 11 J.H. van 't Hoff, *Die chemischen Grundlehren nach Menge, Mass und Zeit* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1912).
- 12 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, p. 573.
- 13 Th. Sabalitschka, J. van 't Hoff, Gast des Thoms'schen Pharmazeutischen Instituts der Universität Berlin, *Pharmazeutische Zeitung*, 90 (1954) p. 304-305.
- 14 Ingrid Vledder, Eddy Houwaart en Ernst Homburg, Particuliere laboratoria in Nederland. Deel 1: Opkomst en bloei, 1865-1914, *Neha-Jaarboek voor Economische, Bedrijfs- en Techniekgeschiedenis*, 62 (1999) p. 249-290.
- 15 J.H. van 't Hoff, Dagboek XI (september 1909-maart 1910), 31 december 1909, VTH-HA.
- 16 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 19 december 1909, RMBA (a97).
- 17 Briefkaart van Nernst aan Van 't Hoff, 2 juni 1910, RMBA-VTH (No. 32).
- 18 Brief van Quincke aan Van 't Hoff, 27 mei 1910, RMBA-VTH (No. 32). Brief van Horstmann aan Van 't Hoff, 27 mei 1910, RMBA-VTH (No. 32). Brief van Roscoe aan Van 't Hoff, 3 juni 1910, RMBA-VTH (No. 32). Brief van mevrouw Landolt aan Van 't Hoff, 8 mei 1910, RMBA-VTH (No. 32).
- 19 J.H. van 't Hoff, Gedächtnisrede auf Hans Heinrich Landolt, *Abhandlungen der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1910* (Verlag der Königl. Akademie der Wissenschaften, Berlin, 1911) p. 3-13.
- 20 Briefje van Fischer aan Jenny, 12 juli 1910, ingeplakt in het Dagboek XII (maart-okto-

- ber 1910), JHUA (Ms 74, box 1, folder 7). 'Ich habe nicht einmal die letzte Akademie-sitzungen mitgemacht und nur aus der Zeitung erfahren, wie humoristisch Ihr Gemahl das Andenken an Landolt gefeiert hat. Darüber wird sich der alte Herr gewiss im Himmel noch freuen. Fischer.'
- 21 J.H. van 't Hoff, Dagboek xii (maart-oktober 1910), respectievelijk 28 augustus en 7 september 1910, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
 - 22 Brief van Arrhenius aan Cohen, 1 oktober 1910, RMBA (a97). 'Van 't Hoff machte auch mich anfangs einen recht traurigen Eindruck. Seine Stimme, die früher so sonor war, litt jetzt von einer hässlichen Heiserkeit. Er musste fast den ganzen Tagen liegen auf ein Chaiselongue. [...] Daher sagte er mir nachher: "Die Leute glauben natürlich, dass man so faul ist wenn sie einen liegen sehen. Aber ich lese immer dabei und es geht genauso gut wie wenn ich sitzen würde." Ich tröstete ihn damit, dass ich viel mehr in liegender als in sitzender Stellung gelesen habe. Ich beobachtete aber, dass wenn er las, er bald müde wurde und das Buch zur Seite legte. Es ist hier kein Zweifel, dass er sich außerordentlich schonen muss, um nicht seine Gesundheit zu verschlechtern.'
 - 23 Ibidem. 'Die Augen erhielten Glanz und er hatte humoristische Einfälle und sprach ungewöhnlich lebhaft. "Ich habe ein großes Opfer meinen Enkeln gebracht, als ich nach Steglitz (wegen des Gartens) herauszog," sagte er und bedauerte, dass wir nicht länger zusammenbleiben konnten. "Wir werden ja jetzt schnell älter, besonders ich," sagte er wehmütig.'
 - 24 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 19 oktober 1910, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. 'Dass etwas wie ein leichter Schatten über deine Anwesenheit hier hing, als wärest du mit etwas mir betreffend erfüllt das nicht zur Sprache kommen konnte. [...] Ich ersuche dich also, falls ich mich nicht tausche das Herz zu öffnen.'
 - 25 J.H. van 't Hoff, Über synthetische Fermentwirkung II, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1910 (zweiter Band) p. 963-970.
 - 26 Een enzym dat tegenwoordig *beta-glucosidase* genoemd wordt.
 - 27 N. Menschutkin, Über den Einfluss der Isomerie der Alkohole und der Säuren auf die Bildung zusammengesetzter Aether, *Liebigs Annalen der Chemie*, 195 (1879) p. 334-364. N. Menschutkin, Über den Einfluss der Isomerie der Alkohole und der Säuren auf die Bildung zusammengesetzter Aether. Zweite Abhandlung, *Liebigs Annalen der Chemie*, 197 (1879) p. 193-225.
 - 28 Heinrich Precht, Zur Erinnerung an van 't Hoff, *Kali. Zeitschrift für Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze*, 5 (1911) p. 113-118.
 - 29 Ibidem, p. 117. 'Dummerweise musste ich fehlen, wiewohl mein Herz dabei war, meine Lungen durften aber nicht mit.'
 - 30 Ibidem, p. 117. 'Es war mir eine richtige Überraschung, heute Ihre Reproduktionen der Fundstelle vom Vanthofft zu erhalten. Auf den Salzarbeiten hat doch Segen geruht, und ich habe von meinem Dornroschen, das wohl noch langer geschlafen hat als in der Sage, nunmehr das stille Bild, ohne die Unruhe, welche eine einmal geweckte Weibsperson mitunter veranlasst.'
 - 31 Brief van het Kultusministerium aan Van 't Hoff, 9 oktober 1910, en programmaboekje van de viering van het *Jubiläum der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin*, 10-12 oktober 1910, RMBA-VTH (No. 24).
 - 32 Ernst Cohen, Een kwart eeuw moderne chemie, *Chemisch Weekblad*, 7 (1910) p. 893-910.

- 33 J.H. van 't Hoff, Dagboek XII (maart-oktober 1910), 14 oktober 1910, JHUA (Ms 74, box 1, folder 7).
- 34 Ibidem, 15 oktober 1910.
- 35 J.H. van 't Hoff, Onderzoek en Onderwijs, *De Ingenieur. Orgaan van het Kon. Instituut van Ingenieurs en van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs* (1911) p. 1-6, p. 4.
- 36 J.H. van 't Hoff, Dagboek XIII (oktober 1910-februari 1911), 11 december 1910, VTH-HA.
- 37 Brief van Arrhenius aan Cohen, 27 januari 1911, RMBA (a97).
- 38 J.H. van 't Hoff, Dagboek XIII (oktober 1910-februari 1911), 17 februari 1911, VTH-HA.
- 39 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, p. 592.
- 40 Ibidem, p. 594.
- 41 *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 221. Die Einäscherung von Professor J.H. van 't Hoff, *Hamburger Nachrichten*, 6 maart 1911.
- 42 *Algemeen Handelsblad*, 2 maart 1911.
- 43 Zie onder andere: *Nieuwe Rotterdamsche Courant* van 2 maart 1911, *Dagblad De Tijd* van 2 maart 1911 en de *Haagsche Courant* van 6 maart 1911 en een In Memoriam van Ernst Cohen in het *Algemeen Handelsblad* van 3 maart 1911.
- 44 Walther Nernst, *Berliner Tageblatt*, 4 maart 1911.
- 45 Wilhelm Ostwald, *Frankfurter Zeitung*, 5 maart 1911. 'Wir haben Van 't Hoff als einen jener Grössten anzuerkennen, deren Denken einen neuen Abschnitt in der Weltgeschichte einleitet.'
- 46 Ernst Cohen, Jacobus Henricus van 't Hoff. 30. August 1852 bis 1. März 1911, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 17 (1911) p. 210-211. Ernst Cohen, Jacobus Henricus van 't Hoff, *Leipziger Illustrierte Zeitung*, 16. März 1911. Ernst Cohen, Jacobus Henricus van 't Hoff. 30. August 1852 bis 1. März 1911, *Chemiker Zeitung*, 35 (1911) p. 289-291. Ernst Cohen, Prof. Dr. Jacobus Henricus van 't Hoff. 30 augustus 1852-1 maart 1911, *De Ingenieur*, 26 (1911) p. 440-445. Ernst Cohen, Jacobus Henricus van 't Hoff, *De Natuur*, 30 (1911) p. 97-99. Ernst Cohen, Jacobus Henricus van 't Hoff. Nachruf, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 26 (1911) p. 244-245.
- 47 W.P. Jorissen, J.H. van 't Hoff, *Eigen Haard*, 37 (1911) p. 196-199. W.P. Jorissen, J.H. van 't Hoff. 30 augustus 1852-1 maart 1911, *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 197-198. W.P. Jorissen, J.H. van 't Hoff: 30 augustus 1852-1 maart 1911, *De Nieuwe Gids*, mei 1911, p. 691-697.
- 48 Harry C. Jones, Jacobus Henricus van 't Hoff, *The American Chemical Journal*, 45 (1911) p. 1-9. Harry C. Jones, Jacobus Henricus van 't Hoff, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 45 (1911) p. iii-xii. Harry C. Jones, Jacobus Henricus van 't Hoff, *The Popular Science Monthly* (1911) p. 94-97.
- 49 Dit portret werd in mei 1927 geschonken aan de *Deutsche Chemische Gesellschaft* en kreeg vanaf toen een ereplaats in de zittingzaal van de vereniging. Zie: Ernst Cohen, Van 't Hoff's portret in het Hofmann-Haus, *Chemisch Weekblad*, 24 (1927) p. 284-285. Het portret is aan het einde van de Tweede Wereldoorlog verloren gegaan.
- 50 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff* (Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1899).
- 51 Gedächtnisfeier für J.H. van 't Hoff veranstaltet von der deutschen chemischen Gesellschaft am Sonntag den 14. Mai 1911, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 44 (1911) p. 2217-2252.
- 52 Emil Fischer, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhandlungen der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1911) p. 1-16. 'Obschon gelegentlicher Mißbrauch derselben von seiten allzu eifriger Anhänger zum Widerspruch reizen konnte.'
- 53 Ibidem, p. 16. 'Bescheidenheit inbezug auf die eigene Leistung, freudige Anerkennung

- fremden Verdienstes, Abneigung gegen Polemik und Phrase, drolliger Humor und Einfachheit der Lebensführung bildeten die Grundzüge seines Wesens.’
- 54 James Walker, Van ’t Hoff Memorial Lecture, *Transactions of the Chemical Society*, 103 (1913) p. 1127-1143.
 - 55 A.F. Holleman was in 1905 de overleden Lobry de Bruin opgevolgd in Amsterdam.
 - 56 Brief van Cohen aan Jorissen, 20 maart 1911, RMBA-VTH (No. 60).
 - 57 *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 240.
 - 58 Ernst Cohen, *Overdracht van het portret-reliëf van Jacobus Henricus van ’t Hoff door Pier Pander vervaardigd, aan H.H. Curatoren der Rijksuniversiteit Utrecht, op den 24sten mei 1912* (J. van Boekhoven, Utrecht, 1912).
 - 59 *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 493-495.
 - 60 *Het Van ’t Hoff monument te Rotterdam* (Naamlooze Vennootschap v/h Ipenbuur & Van Seldam, Amsterdam, 1915) p. 13-14. De plaquette bevindt zich tegenwoordig in het Allard Pierson Museum in Amsterdam.
 - 61 *Ibidem*, p. 25.
 - 62 *Ibidem*, p. 27-51.
 - 63 *De Nieuwe Amsterdammer*, 15 januari 1916.
 - 64 De gemeente Rotterdam had de kosten voor de fundering op zich genomen.
 - 65 Stukken betreffende het beheer door de KNAW van het Van ’t Hoff-fonds, Noord-Hollands Archief, KNAW Archief (NL-HlmNHA_64_234_001-107).

Epiloog

- 1 Bernard Jaffe, *Crucibles: The story of chemistry. From ancient alchemy to nuclear fission* (Premier Books, Greenwich Connecticut, 1960) p. 147. ‘Van ’t Hoff was a dreamer with a mind that leaped above the commonplace facts of chemistry and dared postulate new ideas.’
- 2 R.G.A. Dolby, The case of physical chemistry, in: *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines* (Eds. G. Lemaire, R. Macleod, M. Mulkay, and P. Weingart, Mouton & Co., The Hague, and Maison des Sciences de l’Homme, Paris, 1976) p. 63-73, p. 63.
- 3 R.E. Kohler, *From Medical Chemistry to Biochemistry. The making of a Biomedical Discipline* (Cambridge University Press, Cambridge, 1982).
- 4 Frans van Lunteren, Het ontstaan van het systeem van bètadisciplines: de natuurkunde, *Studium*, 6 (2013) p. 91-112.
- 5 Lorentz was al 44 jaar, toen hij voor het eerst een congres in het buitenland bezocht, de *Naturforscherversammlung* die in 1897 in Düsseldorf werd gehouden. Zie: Frits Berends en Dirk van Delft, *Lorentz. Gevierd fysicus, geboren verzoener* (Prometheus, Amsterdam, 2019) p. 276-277.
- 6 F.H. van Lunteren, Wetenschap voor het vaderland. J.D. van der Waals en de Afdeling Natuurkunde, in: *De Akademie en de Tweede Gouden Eeuw* (onder redactie van K. van Berkel, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 2004) p. 43-106, p. 83.
- 7 In januari 1905 sloeg Lorentz een benoeming tot hoogleraar theoretische fysica af in München. Zie: Frits Berends en Dirk van Delft, *Lorentz*, p. 213.
- 8 Donders werd in 1849 gevraagd voor de vacant geworden leerstoel van Karl Ludwig in Marburg, en wederom in 1858 als opvolger van Helmholtz aan de Universiteit van Bonn. Zie: P.H. Kylstra, Franciscus C. Donders 1818-1889, in: *Van Stevin tot Lorentz. Portretten van achttien Nederlandse natuurwetenschappers* (A.J. Kox (ed.), Bert Bakker, Amsterdam, 1990) p. 146-147.

- 9 J.H. van 't Hoff, Onderzoek en Onderwijs, *De Ingenieur. Orgaan van het Kon. Instituut van Ingenieurs en van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs* (1911) p. 1-6.
- 10 Leen Dorsman, Inleiding: Onderzoek in opdracht, in: *Onderzoek in opdracht. De publieke functie van het universitaire onderzoek in Nederland sedert 1876* (Redactie L.J. Dorsman en P.J. Knegtmans, Verloren, Hilversum, 2007) p. 9-21, p. 16.
- 11 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 december 1872, VTH-HA.
- 12 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 april 1873, VTH-HA.
- 13 Jacobus Henricus van 't Hoff, *Bijdrage tot de kennis van cyanazijnzuur en malonzuur* (Proefschrift, Hoogeschool Utrecht, 22 december 1874, Stoomdrukkerij P.W. van de Weijer, Utrecht, 1874), Stelling xxvii. Zeker in Duitsland was dit niet ongebruikelijk.
- 14 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 16 april 1873, VTH-HA.
- 15 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 23 maart 1873, VTH-HA.
- 16 In dit artikel werd Van 't Hoff als nieuw lid van de Pruisische Akademie van Wetenschappen voorgesteld (zie hoofdstuk 14).
- 17 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 21 augustus 1896, VTH-HA.
- 18 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 14 september 1877, VTH-HA.
- 19 Brief van Van 't Hoff aan zijn ouders, midden oktober 1872, in: *Brievenchriftje in bezit van het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht*, p. 28-30.
- 20 Brief van moeder Van 't Hoff aan Van 't Hoff, juli/augustus 1874, VTH-HA.
- 21 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 8 juni 1874, VTH-HA.
- 22 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, ongedateerd, VTH-HA.
- 23 'Alle nommers van Johan zijn, wat algebra, meetk. en cijferen betreft, helaas! niet beter', brief van moeder, begin februari 1874. 'Welligt behoort hij tot hen die zich wat later ontwikkelen of min geschikt voor applicatie in de rigting v h onderwijs zoo als het op de H. Burgersch. gegeven wordt', brief van vader, 2 maart 1874. 'Johan is druk bezig aan zijne repetities, neemt met genoegen les bij Kuipers, en heeft hoop op betere nommers; wij zullen ons dus maar aan een' stroo-halm vasthouden', brief van moeder, eind maart 1874. 'Johan [...] geeft mij zorg door zijn gebrek aan zorg in de wijze waarop hij zijn werk doet', brief van vader, 28 mei 1874. 'Mogt Johan eens slagen, dan zult gij, door 't bewustzijn er veel aan te hebben toegebragt, eens ondervinden hoeveel edeler dat gevoel is dan waar aan de eierzucht voedsel wordt gegeven!', brief van moeder, herfst 1875. 'Zeker is uwe hulp eene voorwaarde sine qua non; onthoud hem [Johan] die daar om niet, en blijf's zondags geregeld over komen ook om zijnentwil', brief van moeder, begin 1876. 'Bij Uw goede wil zullen Uwe eigen zaken (even als ik daarover dacht ten aanzien van Jacob) een geregeld behandelen van wiskunde met Johan U in den weg staan', brief van vader, 12 december 1877.
- 24 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 24 augustus 1879, VTH-HA.
- 25 Brief van moeder Van 't Hoff aan Jenny, 28 augustus 1893, VTH-HA.
- 26 Brief van Van 't Hoff aan Arrhenius, 28 januari 1889, Archief van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm.
- 27 Brief van vader Van 't Hoff aan Van 't Hoff, 11 augustus 1896, VTH-HA.
- 28 Personalia, Overlijden van H.J. van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 36 (1939) p. 555-556. Ingrid Vledder, Eddy Houwaart en Ernst Homburg, Particuliere laboratoria in Nederland. Deel 1: Opkomst en bloei, 1865-1914, *Neha-Jaarboek voor Economische, Bedrijfs- en Techniekgeschiedenis*, 62 (1999) p. 249-290. 'De activiteiten van het vanaf 1906 zogeheten "Scheikundig, hygiënisch en bacteriologisch laboratorium en instituut dr. H.J. van 't Hoff en L. Weeda" bestonden uit bacteriologisch, scheikundig en pathologisch-anatomisch onderzoek, maar er werden ook voedingsbodems, kleurstofoplossingen, preparaten en reïnculturen geproduceerd en verkocht.'

- 29 L. van 't Hoff, *Klinische waarnemingen op het gebied der acute infectieziekten* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 26 februari 1892).
- 30 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 10 december 1878, VTH-HA.
- 31 E. Mulder, Eenige bijzonderheden uit het leven van E. Mulder (door hemzelf beschreven), RMBA (a5) p. 227-228.
- 32 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 24 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 33 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 28 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 34 Nota van Baert over vervulling hoogleraarsplaats scheikunde, 4 februari 1876, UA, Archief College van Curatoren (59-641).
- 35 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 24 oktober 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 36 J.H. van 't Hoff, *De verbeeldingskracht in de wetenschap, Redevoering uitgesproken op 11 oktober 1878 bij de aanvaarding van het hoogleeraarsambt aan de Universiteit van Amsterdam* (P.M. Bazendijk, Rotterdam, 1878) p. 23-24.
- 37 Brief van Bellaar Spruyt aan Van 't Hoff, 11 juni 1887, JHUA (Ms 74, box 2, folder 4).
- 38 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 14 januari 1887, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 39 Briefconcepten van Van Bemmelen aan Van 't Hoff, 19 en 21 november 1887, RMBA (a99). 'Beneden zijn waardigheid.'
- 40 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912) p. 275. 'Van 't Hoff kam auch sonst nicht aus sich heraus.'
- 41 Jean-Claude Streicher, *Joseph Achille Le Bel. Pechelbronn et la chimie* 3D (Jérôme Do Bentzinger Éditeur, 2015) p. 23.
- 42 Ernst Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, p. 275.
- 43 Brief van Van 't Hoff aan Cohen, 26 december 1899, RMBA (a97).
- 44 J.H. van 't Hoff, Friedrich Wilhelm Ostwald, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 46 (1903) p. v-xv, p. VIII.
- 45 J.H. van 't Hoff, In memoriam Jan Willem Gunning, *Amsterdamsche Studenten-almanak 1901* (J. Clausen, Amsterdam) p. 42-52.
- 46 Brief van Van 't Hoff aan Jenny, 31 augustus 1889, JHUA (Ms 74, box 1, folder 4).
- 47 Brief van Van 't Hoff aan moeder Van 't Hoff, 14 december 1872, in: *Brievenchriftje* in bezit van het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht, p. 44-46.
- 48 J.H. van 't Hoff, Dagboek van de reis naar Amerika (deel 2, van 15 juni-28 juni 1901), RMBA-VTH (No. 29).
- 49 Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff, *Eigen Haard* (1891) p. 725-727, p. 726.
- 50 E.A. Guggenheim, Textbook errors: more about the laws of reaction rates and of equilibrium, *Journal of Chemical Education*, 33 (1956) p. 544-545.
- 51 H. Le Châtelier, *Comptes Rendus*, 99 (1884) p. 786-789 en 106 (1888) p. 355-357.
- 52 Soms wordt dit ook wel aangeduid als het principe van Le Châtelier en Van 't Hoff, al betoogt De Heer (*Journal of Chemical Education*, 34 (1957) p. 375-380) dat dit nu juist verkeerd is, omdat Le Châtelier niets van doen had met Van 't Hoff's principe van het bewegelijk evenwicht en Van 't Hoff de generalisatie nooit heeft geformuleerd.
- 53 Keith J. Laidler, The Development of the Arrhenius Equation, *Journal of Chemical Education*, 61 (1984) p. 494-498.
- 54 Pedro Cintas, The Road to Chemical Names and Eponyms: Discovery, Priority, and Credit, *Angewandte Chemie International Edition*, 42 (2004) p. 5888-5894. 'Two of the most salient chemical laws, Le Châtelier's principle and the Arrhenius equation, were not deduced by the scientists who have become recognized by the naming of these laws. In both cases, the proper recognition must go to Dutch chemist and first recipient of the Nobel prize in chemistry, Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911), who suggested

these relationships in his pioneering studies on physical chemistry in 1884.’

- 55 G. Bredig, *Erinnerungen an mein Amsterdamer Studienjahr 1894/95*, *Chemisch Weekblad*, 24 (1927) p. 479-481, p. 479. ‘Ist es doch auch kennzeichnend, dass seine Ideen erst dann die Welt eroberten, als sie von J. Wislicenus auf die stereochemische, von Ostwald, Arrhenius und Nernst auf die physikalisch-chemische Fahne geschrieben wurden.’
- 56 Brief van Ramsay aan het Nobelcomité, 4 december 1900, Nobelarchief, Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Stockholm. ‘Van ’t Hoff’s ideas have rapidly gained ground, and in spite of much critical opposition, it is not too much to say that they have been almost universally accepted by both chemists and physicists, chiefly owing to the apostolic fervour of Ostwald and his school.’
- 57 Elisabeth Crawford, *Arrhenius. From Ionic Theory to the Greenhouse Effect* (Science History Publications/USA, 1996) p. 187 e.v.
- 58 Max Planck, *Vorträge Reden Erinnerungen. Wissenschaftliche Selbstbiographie* (Herausgegeben von Hans Roos und Armin Hermann, Springer Verlag, Berlin, 2001) p. 62. ‘Es gehört mit zu den schmerzlichsten Erfahrungen meines wissenschaftlichen Lebens, dass es mir nur selten, ja, ich möchte sagen niemals gelungen ist, eine neue Behauptung, für deren Richtigkeit ich einen vollkommen zwingenden, aber nur theoretischen Beweis erbringen konnte, zur allgemeinen Anerkennung zu bringen.’
- 59 Zoals ik in hoofdstuk 12 heb laten zien waren ook zijn medestanders Arrhenius en Ostwald buitenstaanders in hun vaderland en het is niet ondenkbaar dat de drie elkaar daar in gevonden hebben.
- 60 Regine Zott, *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst in ihren Briefen sowie in denen einiger Zeitgenossen* (Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 1996) p. 75. ‘Dann zog ich nach Holland, wo ich van ’t Hoff kennengelernt habe als einen wirklich gediegenen Gelehrten von altem Schrot und Korn. Ich will andere sogenannte Grössen nicht mit ihm vergleichen, damit dieselben nicht zu klein werden. Nicht die Spur von Renommist und Marktschreier, will auch nicht den Naturforscher spielen, der philosophischen Geistes alles umfasst und durch energetisches Blech alle Physiker in Staunen versetzt.’
- 61 Robert Scott Root-Bernstein, *The Ionists: founding physical chemistry 1872-1890* (Dissertation Princeton University, 1980) p. 536.

Bibliografie

- Abegg, R., Das van 't Hoff-Jubiläum in Rotterdam, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 6 (1900) p. 381-382.
- Aerts, Remieg, *Thorbecke wil het. Biografie van een staatsman* (Prometheus, Amsterdam, 2018).
- Albisetti, James C., *Schooling German Girls and Women. Secondary and Higher Education in the Nineteenth Century* (Princeton University Press, Princeton, 1988).
- Album Promotorum der Rijksuniversiteit Utrecht 1815-1936 en Album Promotorum der Veeartsenijkundige Hoogeschool 1918-1925* (E.J. Brill, Leiden, 1963).
- Algemeen Handelsblad*, Het gebeurde in de collegekamer van prof. Gunning, 23 februari 1878.
- Algemene Inleiding tot het archief van de Eerste HBS met 5-jarige cursus/Dalton-HBS Van 't Hoff, Stadsarchief Rotterdam.
- Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1877* (De Erven H. van Munster en Zoon, Amsterdam) (voor de jaren 1877 tot en met 1884).
- Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1885* (J. Clausen, Amsterdam) (voor de jaren 1885 tot en met 1890).
- Almanak van het Leidsch Studenten-Corps voor het jaar 1865* (A.W. Sijthoff, Leiden).
- Alphen, J. van, Prof. Dr. J.H. Van 't Hoff, in: *Nederlandsche helden der wetenschap: levensschetsen van negen Nobelprijswinnaars: hoogtepunten van wetenschappelijke arbeid in Nederland* (T.P. Sevensma (ed.), Uitgevers-Maatschappij 'Kosmos', Amsterdam, 1946) p. 11-52.
- Amsterdamsche Studenten-almanak 1891* (J. Clausen, Amsterdam) (voor de jaren 1891 tot en met 1901).
- Anoniem, Vertrauliches Schreiben an Professor Kolbe, *Journal für praktische Chemie*, 16 (1877) p. 467-472.
- Anoniem, The Dalton celebrations at Manchester, *Science*, 17 (1903) p. 954-955.
- Anoniem, The International Congress of Arts and Science, *Journal of the American Medical Association*, 43 (1904) p. 1064.
- Anoniem, Behring's serum, *The Hospital*, 15 september 1906, p. 416.
- Anoniem, Nederlandsch als wetenschappelijke taal, *Neerlandia. Orgaan van het Algemeen Nederlandsch Verbond*, 16 (1912) p. 92.
- Ans, J. d', Die Bedeutung von van 't Hoffs Arbeiten über die Lösungsgleichgewichte, *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*, 56 (1952) p. 497-505.
- Ans, J. d', Erinnerungen an J.H. van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 640-643.
- Ans, Jean d', J.H. van 't Hoffs Jahre in Berlin 1896-1911, *Chemiker Zeitung*, 76 (1952) p. 545-548.
- Anschütz, Richard, *August Kekulé, in zwei Bänden* (Verlag Chemie GmbH, Berlin, 1929).
- Arago, François, *Œuvres Complètes Notices Biographiques, Tomes I, II et III* (publiées d'après son ordre sous la direction de M. J.-A. Barral, Paris, 1855).
- Armstrong, Henry, Reactie op de brief van Arrhenius aan Oliver Lodge, in: *Sixth circular of the committee on Electrolysis of the British Association of the Advancement of Science*, mei 1887, p. 24.
- Armstrong, Henry E., *The art and principles of chemistry* (Ernst Benn Ltd., London, 1927).
- Armstrong, Henry E., The nature of solutions, *Nature*, 121 (1928) p. 48-51.
- Arrhenius, Svante, Recherches sur la conductibilité galvanique des électrolytes. I. La conductibilité des solutions aqueuses extrêmement diluées déterminée au moyen du dé-

- polarisateur/II. Théorie chimique des électrolytes, *Bihang till Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 8 (1884), no. 13 en 14.
- Arrhenius, Svante, Über die Gültigkeit der Clausius-Williamson Hypothese, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 15 (1884) p. 49-52.
- Arrhenius, Svante, *Nordisk Revy*, II (1884-1885), no. 28, 31 maart 1885, p. 364-365.
- Arrhenius, Svante, Försök att beräkna dissociationen (aktivitetskoefficienten) hos i vatten lösta kroppar, *Öfversigt öfver Kungliga Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar*, 6 (1887) p. 405-415.
- Arrhenius, Svante, Über die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 631-648.
- Arrhenius, Svante, Über das Leitungsvermögen der phosphorescirender Luft, *Bihang till Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 13, part 1, no. 7 (1888) en *Annalen der Physik*, 268 (1887) p. 545-572.
- Arrhenius, Svante, Theorie der isohydrischen Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 284-295.
- Arrhenius, Svante, Über den Gefrierpunkt verdünnter wässriger Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 491-505.
- Arrhenius, Svante, Electrolytic dissociation versus Hydration, *Philosophical Magazine*, 28 (1889) p. 30-38.
- Arrhenius, Svante, Über die Dissociationswärme und den Einfluss der Temperatur auf den Dissociationsgrad der Elektrolyte, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 4 (1889) p. 96-116.
- Arrhenius, Svante, Communication, read by James Walker, *Report of the 60th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Leeds in September 1890* (John Murray, London, 1891) p. 323-325.
- Arrhenius, Svante, Gültigkeit des Beweises von Herrn Planck für das van 't Hoff-sche Gesetz, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 9 (1892) p. 330-334.
- Arrhenius, Svante, Electrolytic dissociation, *Journal of the American Chemical Society*, 34 (1912) p. 353-364.
- Arrhenius, Svante, Aus der Sturm- und Drangzeit der Lösungstheorien, *Chemisch Weekblad*, 10 (1913) p. 584-599.
- Arrhenius, Svante und Lachmann, Richard, *Geologische Rundschau*, 3 (1912) p. 139-157.
- B., J.Y., Salt-beds and oceans, *Nature*, 71 (1905) p. 508-509.
- Baalen, D. van, Bij de kwartierstaat van Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911), *Gens Nostra* (1952) p. 202-206.
- Bacon, Francis, *Novum Organum* (1620).
- Bader, D., Persönliche Erinnerungen an J.H. van 't Hoff, *Oesterreichische Chemiker Zeitung*, 34 (1931) p. 56-59.
- Bakhuis Roozeboom, H.W., *De wetenschappelijke beoefening der chemie en hare uitkomsten* (D. Donner, Leiden, 1896).
- Bakhuis Roozeboom, H.W., *Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1901-1918).
- Bakker, M., Laboratoria in de Nederlandse bietsuikerindustrie, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 9 (1986) p. 232-241.
- Bakker, Martijn, *Ondernemerschap en vernieuwing: De Nederlandse Bietsuikerindustrie 1858-1919* (Proefschrift, Technische Universiteit Eindhoven, NEHA, Amsterdam, 1989).

- Barendrecht, H.P., *De Dimorphie van het ijs en de alkohol-hydraat-kwestie* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 21 maart 1896).
- Bartels, A., *Een eeuw middelbaar onderwijs 1863-1963* (J.B. Wolters, Groningen, 1963).
- Beek, L., Jacobus Henricus Van 't Hoff (1852-1911), in: *Pioniers der Natuurwetenschappen* (L. Beek (ed.) Van Gorcum & Co., Assen, 1983) p. 103-112.
- Beek, H.J. van der, *E.H. von Baumhauer. Zijn betekenis voor de wetenschap en de Nederlandse economie* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 1963).
- Beer, Günther, Die Gründung des Lehrstuhles und Instituts für Anorganische Chemie der Universität Göttingen 1903, der ersten Einrichtung dieser Art an einer preußischen Universität, *Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Fachgruppe Geschichte der Chemie)*, 7 (1992) p. 34-49.
- Bel, J.A. Le, Sur les relations qui existent entre les formules atomiques des corps organiques et le pouvoir rotatoire de leurs dissolutions, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 22 (1874) p. 337-347.
- Bemmelen, J.M. van, De nieuwe richting in de anorganische chemie, Rectoraatsrede uitgesproken op 8 februari 1889, *Jaarboek der Rijks-universiteit te Leiden, 1888-1889*, Bijlage 1, p. 3-38.
- Bensaude-Vincent, Bernadette, Languages in chemistry, in: *The Cambridge History of Science, Volume 5 The Modern Physical and Mathematical Sciences* (Edited by Mary Jo Nye, Cambridge University Press, 2002) p. 174-190.
- Bensaude-Vincent, Bernadette and Simon, Jonathan, Positivism and chemistry, in: *Chemistry, the impure science* (Imperial College Press, London, 2008) p. 175-184.
- Berends, Frits en Delft, Dirk van, *Lorentz. Gevierd fysicus, geboren verzoener* (Prometheus, Amsterdam, 2019).
- Berg, Rob van den, *Van der Waals. Krachten die de wereld bijeenhouden* (Veen, Amsterdam, 2007).
- Berg, Rob van den, Van 't Hoff en de roep uit Leipzig in 1887, *Studium*, 10 (2017) p. 173-190.
- Berg, Rob van den, De laatste confrontatie tussen Rudolph Thorbecke en Gerrit Jan Mulder: de strijd rond Eduard Mulder, *Studium*, 12 (2019) p. 31-47.
- Bericht über die Fortschritte der Chemie und verwandter Theile anderer Wissenschaften für 1874, *Jahresbericht über die Fortschritte der reinen, pharmaceutischen und technischen Chemie, Physik, Mineralogie und Geologie* (J. Ricker'sche Buchhandlung, Giessen, 1877).
- Berkel, K. van, Amerikanisering van de Nederlandse universiteit? De chemicus H.R. Kruyt over hogeschool en maatschappij (1931), *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 12 (1989) p. 198-225.
- Berkel, Klaas van, *Citaten uit het boek der natuur. Opstellen over Nederlandse wetenschapsgeschiedenis* (Bert Bakker, Amsterdam, 1998).
- Berkel, Klaas van, Jacobus Henricus van 't Hoff, 1852-1911, in: *History of Science in The Netherlands: Survey, Themes, and References* (Klaas van Berkel, Albert van Helden & Lodewijk Palm (eds.), Leiden, 1999) p. 467-470.
- Berkel, Klaas van, *De stem van de wetenschap. Geschiedenis van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Deel 1: 1808-1914* (Bert Bakker, Amsterdam, 2008).
- Berkel, Klaas van, *Een en al illusies. Cultuurhistorische opstellen* (Prometheus, Amsterdam, 2020).
- Bernstein, Robert Scott, Svante Arrhenius and ionic dissociation: A revaluation, in: *Proceedings of the Symposium on Selected Topics in the History of Electrochemistry*

- (Eds. George Dubpernell and J.H. Westbrook, The Electrochemical Society, Princeton, 1978) p. 201-212.
- Berthelot, M., Sur les états isomériques de styrolène, *Annales de Chimie et de Physique*, IV 12 (1867) p. 159-173.
- Berthelot, M., Sur les principes généraux de la thermochimie, *Annales de Chimie et de Physique*, V 4 (1875) p. 5-131 en p. 141-213.
- Berthelot, M., Sur le pouvoir rotatoire du styrolène, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 24 (1876) p. 441-442.
- Berthelot, M. en Péan de Saint-Gilles, L., Recherches sur les affinités de la formation et de la décomposition des éthers, *Annales de chimie et de physique*, III 65 (1862) p. 385-422, III 66 (1862) p. 5-128 en III 68 (1863) p. 225-359.
- Berthollet, C.L., *Essai de Statique Chimique* (Imprimerie de Demonville et Sœurs, Paris, première partie (1803) et seconde partie (1805)).
- Bijlert, A. van, *Eenige waarnemingen op kryoskopisch gebied* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 6 mei 1891).
- Bijlert, A. van, Einige Beobachtungen auf kryoskopischem Gebiet, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 8 (1891) p. 343-366.
- Blanksma, J.J., J.H. van 't Hoff en de ontdekking van argon en helium door Rayleigh en Ramsay, *Chemisch Weekblad*, 45 (1949) p. 473-474.
- Bodländer, G., Technische Bedeutung der Katalyse, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 9 (1903) p. 732-736.
- Boltzmann, Ludwig, Die Hypothese von Van 't Hoff über den osmotischen Druck vom Standpunkt der kinetische Gastheorie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 6 (1890) p. 474-480.
- Boltzmann, Ludwig, Nachtrag zur Betrachtung der Hypothese van 't Hoffs vom Standpunkte der kinetischen Gastheorie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 7 (1891) p. 88-90.
- Boon Mesch, A.H. van der, *Oratio de chymiae artibus conjunctae fine et officio* (Oratie, 9 mei 1829, Universiteit van Leiden).
- Boon Mesch, A.H. van der, *Leerboek der Scheikunde, met toepassing op kunsten en fabryken* (Sterck, Delft, 1831-1835).
- Bosman, A.A., Prof. Dr. J.H. van 't Hoff, *De Revue der Uitvindingen en Ontdekkingen*, 1 (1904) p. 2-10.
- Bourdeau, Michel, Auguste Comte, in: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Center for the Study of Language and Information, Stanford University, 2018) p. 7.
- Bredig, G., Erinnerungen an mein Amsterdamer Studienjahr 1894/95, *Chemisch Weekblad*, 24 (1927) p. 479-481.
- Bremer, G.J.W., *Een rechtsdraaiend appelzuur* (Proefschrift, Universiteit van Utrecht, 15 oktober 1875).
- Bremer, G.J.W., Vorläufige Mittheilung über eine neue Aepfelsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 8 (1875) p. 861-863.
- Bremer, G.J.W. en Hoff, J.H. van 't, Over de verhouding van barnsteen zuur tot gepolariseerd licht, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 75-76.
- Bremer, G.J.W. en Hoff, J.H. van 't, Sur l'acide succinique dérivé de l'acide tartrique actif, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 26 (1876) p. 362.
- Bremer, G.J.W. en Hoff, J.H. van 't, Ueber die aus activer Weinsäure erhaltene Bernsteinsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 9 (1876) p. 215-216.
- Brinkman, Kees, *Zes eeuwen Lindtse kerk te Zwijndrecht* (Uitgegeven door de kerkenraad van de hervormde wijkgemeente Groote Lindt, Nederhoven en Heer Oudelands Ambacht te Zwijndrecht, Drukkerij Verloop, Alblasserdam, 2013).

- Brock, William H., *The Fontana History of Chemistry* (Fontana Press, London, 1992).
- Brocke, Bernard vom, Friedrich Althoff: A Great Figure in Higher Education Policy in Germany, *Minerva*, 29 (1991) p. 269-293.
- Brocke, Bernard vom, Friedrich Althoff: Forschungsstand und Quellenlage: Bemühungen um eine Biographie, in: *Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftspolitik im Industriezeitalter. Das 'System Althoff' in historischer Perspektive* (B. vom Brocke (ed.), Lax Verlag, Hildesheim, 1991) p. 15-44.
- Brodie, B.C., Address at the Anniversary meeting of the Royal Society, November 30, 1859, in: *The Works of Sir Benjamin Collins Brodie Vol 1* (collected and arranged by Charles Hawkins, London, 1865) p. 574-592.
- Bühl, J.W., Der neue Akademiker (I en II), *Die Zukunft*, 16 (1896) p. 151-159 en p. 213-222.
- Bulkeley, Henry J., *Walled in and other poems* (Henry S. King and Co., London, 1872).
- Buys Ballot, C.H.D., *Schets eener physiologie van het onbewerktuigde rijk der natuur* (Kemink en Zoon, Utrecht, 1849).
- Buys Ballot, C.H.D., Openbare brief aan Dr. J.H. van 't Hoff, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1875) p. 21-28.
- Byron, Lord, *The Complete Poetical Works of Lord Byron* (Ed. Paul Elmer More, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1905).
- Cahan, David, Helmholtz and the shaping of the American physics elite in the Gilded Age, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 35 (2004) p. 1-34.
- Cahan, David, *Helmholtz. A life in science* (University of Chicago Press, 2018).
- Carlberg, Ingrid, *Alfred Nobel. Het verhaal van een man en zijn tijd* (De Bezige Bij, Amsterdam, 2020).
- Carleton Williams, W., Ueber Terebinsäure und Pyroterebinsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) 1094-1098.
- Carneiro, Ana, Review of *Nationalizing Science*, *British Journal for the History of Science*, 34 (2001) p. 476-478.
- Carter, Miranda, *The three emperors: three cousins, three empires and the road to World War One* (Penguin Books, London, 2010).
- Carter, Paul and Highfield, Roger, *The private lives of Albert Einstein* (Faber & Faber, Londen, 1993).
- Carus, J. Victor, On the international Catalogue of Scientific Literature of the Royal Society, *Science*, 9 (1899) p. 825-835.
- Cassidy, David, *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg* (W.H. Freeman, New York, 1992).
- Cassidy, David, *J. Robert Oppenheimer and the American Century* (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2005).
- Centnerszwer, M., Über kritische Temperaturen der Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 46 (1903) p. 427-501.
- Centraal Bureau voor de Statistiek, *Statistiek van het hooger onderwijs 1930 (editie 1930-1931)*. Historisch-statistisch overzicht over honderd jaren hooger onderwijs – Staat 1. Aantal studenten per universiteit voor elk der faculteiten afzonderlijk. a. De jaren 1830-1899, p. 10-11.
- Cintas, Pedro, The Road to Chemical Names and Eponyms: Discovery, Priority, and Credit, *Angewandte Chemie International Edition*, 42 (2004) p. 5888-5894.
- Cobbers, Arnt, *Kleine Berlin-Geschichte. Vom Mittelalter bis zur Gegenwart* (Jaron Verlag, Berlin, 2008).
- Code of Statutes of the Nobel Foundation, in: Elisabeth Crawford, *The beginnings of the*

- Nobel Institution. *The science prizes, 1901-1915* (Cambridge University Press, Cambridge, 1984) p. 221-229.
- Cohen, Ernst, *Het bepalen van overgangspunten langs electrischen weg en de electro-motorische kracht bij scheikundige omzetting* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 8 november 1893).
- Cohen, Ernst, *Jacobus Henricus van 't Hoff* (Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1899).
- Cohen, Ernst, *Mannen en vrouwen van beteekenis in onze dagen. Jacobus Henricus van 't Hoff* (Redactie Mr. J. Kalf jr., Tjeenk Willink & Zoon, Haarlem, 1900) p. 1-48.
- Cohen, Ernst en Eijk, C. van, *Fysikalisch-chemische Studien am Zinn*, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 30 (1900) p. 601-622.
- Cohen, Ernst, *Fysikalisch-chemische Studien am Zinn*, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 33 (1900) p. 57-62.
- Cohen, Ernst, *Fysikalisch-chemische Studien am Zinn*, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 35 (1900) p. 588-597.
- Cohen, Ernst, *Voordrachten over physische scheikunde voor geneeskundigen* (F. van Rossen, Amsterdam, 1901).
- Cohen, Ernst, *Uitersten op het gebied der algemeene of physische chemie* (Oratie, 9 december 1901, Universiteit van Amsterdam).
- Cohen, Ernst, *De promotie van Professor Van 't Hoff en de opening van het Van 't Hoff-Laboratorium*, *Chemisch Weekblad*, 1 (1904) p. 511-517.
- Cohen, Ernst, *Een kwart eeuw moderne chemie*, *Chemisch Weekblad*, 7 (1910) p. 893-910.
- Cohen, Ernst, *In Memoriam J.H. van 't Hoff*, *Algemeen Handelsblad*, 3 maart 1911.
- Cohen, Ernst, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, *Leipziger Illustrierte Zeitung*, 16. März 1911.
- Cohen, Ernst, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, 30. August 1852 bis 1. März 1911, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 17 (1911) p. 210-211.
- Cohen, Ernst, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, 30. August 1852 bis 1. März 1911, *Chemiker Zeitung*, 35 (1911) p. 289-291.
- Cohen, Ernst, *Prof. Dr. Jacobus Henricus van 't Hoff*, 30 augustus 1852-1 maart 1911, *De Ingenieur*, 26 (1911) p. 440-445.
- Cohen, Ernst, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, *De Natuur*, 30 (1911) p. 97-99.
- Cohen, Ernst, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, *Nachruf*, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 26 (1911) p. 244-245.
- Cohen, Ernst, *Overdracht van het portret-reliëf van Jacobus Henricus van 't Hoff door Pier Pander vervaardigd, aan H.H. Curatoren der Rijksuniversiteit Utrecht, op den 24sten mei 1912* (J. van Boekhoven, Utrecht, 1912).
- Cohen, Ernst, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912).
- Cohen, Ernst, *Van 't Hoff's bezoek aan het slagveld van Sedan (1870)*, *Chemisch Weekblad*, 11 (1914) p. 870-883.
- Cohen, Ernst, *Ter herinnering aan Jacobus Henricus van 't Hoff*, *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 17 april 1915.
- Cohen, Ernst, *Chemisch Weekblad*, 12 (1915) p. 408-411.
- Cohen, Ernst, *Vijftig jaren uit de geschiedenis eener theorie (1874-1924). Hare grondleggers*, *Chemisch Weekblad*, 21 (1924) p. 482-490.
- Cohen, Ernst, *Van 't Hoff's portret in het Hofmann-Haus*, *Chemisch Weekblad*, 24 (1927) p. 284-285.
- Cohen, Ernst, *Eene halve eeuw osmotische druk*, *Chemisch Weekblad*, 31 (1934) p. 782-788.
- Cohen, Ernst, *Van Kasteleijn tot Jorissen*, *Chemisch Weekblad*, 36 (1939) p. 846-855.

- Cohen, Ernst, Chemie en chemische industrie te Amsterdam in den loop der eeuwen, *Chemisch Weekblad*, 37 (1940) p. 486-502.
- Cohen, Ernst, De chemie te Utrecht in den loop der eeuwen I, *Chemisch Weekblad*, 38 (1941) p. 299-307.
- Cohen, Ernst, De chemie te Utrecht in den loop der eeuwen II, *Chemisch Weekblad*, 38 (1941) p. 314-320.
- Cohen, Ernst, De chemie in Utrecht in den loop der eeuwen III, *Chemisch Weekblad*, 38 (1941) p. 570-574.
- Cohen, Ernst, Wat leeren ons de archieven omtrent G.J. Mulder, *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, afdeling Natuurkunde, eerste sectie*, XIX, 2 (Amsterdam, 1948) p. 3-73.
- Cohen, Ernst, *Na driekwart eeuw. Levensherinneringen* (Redactie Frits Broeyer en Leen Dorsman, Stichting Matrijs, Utrecht, 2013).
- Comte, Auguste, *Cours de philosophie positive. Tome 1-6* (5e édition, Bachelier, Paris, 1830-1848).
- Conrat, Max, Rectoraatsrede Universiteit van Amsterdam, september 1896.
- Cordfunke, E.H.P., *Een romantisch geleerde. Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911)* (Vossiuspers UvA, Amsterdam, 2001).
- Crawford, Elisabeth and Friedman, Robert M., The prizes in physics and chemistry in the context of Swedish science: a working paper, in: *Science, Technology and Society in the time of Alfred Nobel* (Eds. Carl Gustaf Bernhard, Elisabeth Crawford and Per Sörbom, Pergamon Press, 1982) p. 311-331.
- Crawford, Elisabeth, Arrhenius, the Atomic Hypothesis, and the 1908 Nobel Prizes in Physics and Chemistry, *Isis*, 75 (1984) p. 503-522.
- Crawford, Elisabeth, *The beginnings of the Nobel Institution. The science prizes, 1901-1915* (Cambridge University Press, Cambridge, 1984).
- Crawford, Elisabeth, Heilbron J.L. and Ullrich, Rebecca, *The Nobel population 1901-1937. A census of the Nominators and Nominees for the Prizes in Physics and Chemistry* (Office for History of Science and Technology, University of Berkeley, Berkeley, 1987).
- Crawford, Elisabeth, *Arrhenius. From Ionic Theory to the Greenhouse Effect* (Science History Publications/USA, 1996).
- Cruikshank, W., Experiments in galvanic electricity by messrs. William Nicholson and Anthony Carlisle, *Philosophical Magazine*, 4 (1800) p. 337-347.
- Cuvier, Georges Baron, Éloge Historique de Louis-Nicolas Vauquelin, Lu à l'Académie des Sciences, le 26 juillet 1831, *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France. Tome XII* (l'Imprimerie de Firmin Didot Frères, Paris, 1833), p. xxxix-lvi, p. lvi.
- Dalen, Dirk van, *L.E.J. Brouwer 1881-1966. Een biografie* (Bert Bakker, Amsterdam, 2001).
- Das Buch der grossen Chemiker, Band II Von Liebig bis Arrhenius* (Ed. Günther Bugge, Verlag Chemie GmbH, Berlin, 1929).
- Daston, Lorraine, Fear and Loathing of the Imagination in Science, *Daedalus* 127 (1998) p. 73-95.
- Daston, Lorraine and Galison, Peter, *Objectivity* (Zone Books, New York, 2007).
- Dawson, H.M., The van 't Hoff celebration at Rotterdam, *Nature*, 61 (1900) p. 321-322.
- De Nobel-prijzen, *Algemeen Handelsblad*, 11 december 1901.
- Debye, P. en Hückel, E., Zur Theorie der Elektrolyte. I. Gefrierpunktserniedrigung und verwandte Erscheinungen, *Physikalische Zeitschrift*, 24 (1923) p. 185-206.
- Debye, P. en Hückel, E., Zur Theorie der Elektrolyte. II. Das Grenzesetz für die elektrische Leitfähigkeit, *Physikalische Zeitschrift*, 24 (1923) p. 305-325.

- Debye, P., Kinetische Theorie der Gesetze des osmotischen Drucks bei starken Elektrolyten, *Physikalische Zeitschrift*, 24 (1923) p. 334-338.
- Debye, P., Théorie cinétique des lois de la pression osmotique des électrolytes forts, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 42 (1923) p. 597-604.
- Dehler, Marlies, Der Einfluss des Comte'schen Positivismus auf den jungen Chemiker Jacobus Henricus van 't Hoff und das damit im engen Zusammenhang stehende Klassifikationsmuster der Wissenschaften van 't Hoff's, *Wiss. Hefte der Pädagogischen Hochschule 'W. Ratke' Köthen*, 7 (1980) p. 137-139.
- DeLanda, Manuel, *Philosophical Chemistry. Genealogy of a Scientific Field* (Bloomsbury Academic, London, 2015).
- Delépine, M., *Vie et oeuvres de Joseph-Achille Le Bel* (Paul Dupont, Paris, 1949).
- Delft, Dirk van, Heike Kamerlingh Onnes en de geleerdenbiografie, *De Gids*, 158 (1995) p. 96-102.
- Delft, Dirk van, *Heike Kamerlingh Onnes. Een biografie. De man van het absolute nulpunt* (Bert Bakker, Amsterdam, 2005).
- Deltete, Robert J., Wilhelm Ostwald's Energetics 1: Origins and Motivations, *Foundations of Chemistry*, 9 (2007) p. 3-56.
- Deltete, Robert J., Wilhelm Ostwald's Energetics 2: Energetic Theory and Application. Part I, *Foundations of Chemistry*, 9 (2007) p. 256-316.
- Deltete, Robert J., Wilhelm Ostwald's Energetics 3: Energetic Theory and Application. Part II, *Foundations of Chemistry*, 10 (2008) p. 187-221.
- Desmond, Adrian and Moore, James, *Darwin* (Michael Joseph, London, 1991).
- Deventer, Ch.M. van, De Wet van Berthollet en de moderne scheikunde, *De Nieuwe Gids*, 1 (1885-1886) p. 97-118.
- Deventer, Ch.M. van, Nederlandsche scheikunde, *De Nieuwe Gids*, 2 (1887) p. 144-147.
- Deventer, Ch.M. van, Varia, *De Nieuwe Gids*, 2 (1887) p. 321-323.
- Deventer, Ch.M. van, J.H. van 't Hoff, *Eigen Haard* (1891) p. 725-727.
- Deventer, Ch.M. van, J.H. van 't Hoff, *Vragen des Tijds*, 22 (1896) p. 414-438.
- Deventer, Ch.M. van, J.H. van 't Hoff 1852-1911 In Memoriam, *De Gids*, 75 (1911) p. 138-155.
- Die Einäscherung von Professor J.H. van 't Hoff, *Hamburger Nachrichten*, 6 maart 1911.
- Dijk, Gerrit van, *Leidse hoogleraren wiskunde 1575-1975* (Universiteit Leiden, 2011).
- Discussion on the theory of solution, *Report of the 60th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Leeds in September 1890* (John Murray, London, 1891) p. 311-338.
- Doesburg, Th. van, De Atlantische kabel, *Volksalmanak uitgegeven door de Maatschappij tot Nut van 't Algemeen* (G.L. Funke, Amsterdam, 1868) p. 118-144.
- Dolby, R.G.A., Debates over the Theory of Solution: A Study of Dissent in Physical Chemistry in the English-Speaking World in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries, in: *Historical studies in the physical sciences Vol. 7* (Ed. Russell McCormmach, Princeton University Press, Princeton, 1976) p. 297-404.
- Dolby, R.G.A., The case of physical chemistry, in: *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines* (Eds. Lemaine, G., Macleod, R., Mulkay, M. and Weingart, P., Mouton & Co., The Hague, and Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 1976) p. 63-73.
- Dolby, R.G.A., The transmission of two new scientific disciplines from Europe to North America in the late nineteenth century, *Annals of Science*, 34 (1977) p. 287-310.
- Dolby, R.G.A., Thermochemistry versus Thermodynamics: The Nineteenth Century Controversy, *History of Science*, 22 (1984) p. 375-400.
- Dolezalek, Friedrich, Das Institut für physikalische Chemie, in: *Die physikalischen*

- Institute der Universität Göttingen. Festschrift im Anschlusse an die Einweihung der Neubauten am 9. Dezember 1905* (Herausgegeben von der Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik, Druck und Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1906) p. 112-118.
- Donnan, F.G., The beginning of a new era in geology, *Nature*, 90 (1913) p. 616-617.
- Donnan, F.G., Some memories of Van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 643-644.
- Dorsman, Leen, Inleiding: Onderzoek in opdracht, in: *Onderzoek in opdracht. De publieke functie van het universitaire onderzoek in Nederland sedert 1876* (Redactie L.J. Dorsman en P.J. Knegtmans, Verloren, Hilversum, 2007) p. 9-21.
- Dorst, M.C., *Zwijndrecht Tiën. Een inventariserend archeologisch onderzoek door middel van proefsleuven* (Bureau Oudheidkundig Onderzoek van Gemeentewerken Rotterdam, BOORrapport 238, Rotterdam, 2005).
- Doyer Jzn., J.W., Ekama, H. en Molenbroek, P., Rapport over de electrolytische dissociatie, uitgebracht door de commissie, benoemd in de Vergadering der Sectie voor natuur- en scheikunde van het Natuur- en Geneeskundig Congres, op 4 april 1891, *Handelingen van het vierde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Groningen op den 7den en 8sten April 1893* ('s-Gravenhage, 1893) p. 1-58, en voor Van 't Hoffs reactie en verdere discussie over de kwestie op p. 95-98.
- Doyer Jzn., J.W., Het jubileum van Prof. J.H. van 't Hoff, *Album der Natuur* (1900) p. 97-104.
- Doyer van Cleeff, G., De zoutmijnen te Stassfurt, *Album der Natuur*, 34 (1885) p. 155-164.
- Du Bois-Reymond, E., Antwort an Hans Landolt, *Leibniz-Sitzung*, 29. Juni 1882, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 32 (1882) p. 713-737.
- Duhem, Pierre, Une Science Nouvelle: La Chimie Physique, *Revue Philomathique de Bordeaux et Sud-Ouest*, 2 (1899) p. 205-219 en p. 260-280.
- Duhem, Pierre, *L'œuvre de M. J.H. van 't Hoff à propos d'un livre récent* (Imprimerie Polleunis & Ceuterick, Louvain, 1900) p. 6.
- Duhem, Pierre, *Mixture and chemical combination. An essay on the evolution of an idea and related essays* (Edited by Paul Needham, Springer Science Publishers, 2002).
- Edsall, T., John, Isidor Traube: Physical Chemist, Biochemist, Colloid Chemist and Controversialist, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 129 (1985) p. 371-406.
- Ehl, Rosemary Gene and Ihde, Aaron, Faraday's electrochemical laws and the determination of equivalent weights, *Journal of Chemical Education*, 31 (1954) p. 226-232.
- Ehrenfest, Paul, On the kinetic interpretation of the osmotic pressure, *Proceedings of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, 17 (1915) p. 1241-1245.
- Emons, Hans-Heinz, Die Kaliindustrie-Geschichte eines deutschen Wirtschaftszweiges? Überarbeitete und erweiterte Fassung des Vortrages im Plenum der Leibniz-Sozietät am 19. April 2001, *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät e. V.* (2001) p. 5-73.
- Emons, H., Van 't Hoff und die Chemie und Technologie der Mineralsalze, *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät*, 57 (2003) p. 83-107.
- Ertl, Gerhard, Wilhelm Ostwald: Begründer der physikalischen Chemie und Nobelpreisträger 1909, *Angewandte Chemie*, 121 (2009) p. 6724-6730.
- Eugster, Hans P., The beginnings of experimental petrology, *Science*, 173 (1971) p. 481-489.
- Euler, H. von, In van 't Hoff's Laboratory in Berlin 1899 and 1900, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 644-645.
- Evert, Jan van, *Oort. Melkwegonderzoeker en grondlegger van de radioastronomie* (Veen, Amsterdam, 2011).

- Eykman, J.F., Zur kryoskopischen Molekulargewichtsbestimmung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 4 (1889) p. 497-519.
- Faasse, Patricia, *Een beetje opstandigheid. Johanna Westerdijk, de eerste vrouwelijke hoogleraar van Nederland* (Atlas Contact, Amsterdam, 2012).
- Fischer, E., Wahlvorschlag für Jacobus Hendricus van 't Hoff (1852-1911) zum O[rdentliches] M[itglied], in: *Chemiker über Chemiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822-1925, von Eilhard Mitscherlich bis Max Bodenstein* (Eds. Anneliese Greiner, Fritz Welsh, Wolfgang Girnus, Akademie-Verlag, Berlin, 1986) p. 135-136.
- Fischer, Emil, Gedächtnisrede auf Jacobus Henricus van 't Hoff, 29 juni 1911, *Abhandlungen der Königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1911) p. 1-16.
- Fischer, Emil, *Aus meinem Leben* (Verlag von Julius Springer, Berlin, 1922).
- Fischmann, E., A reconstruction of the first experiments in stereochemistry, *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 72 (1985) p. 131-156.
- Fisher, N.W., Organic Classification before Kekulé (parts I and II), *Ambix*, 20 (1973) p. 106-131 en p. 209-222.
- Fisher, N.W., Kekulé and Organic Classification, *Ambix*, 21 (1974) p. 29-52.
- Fisher, Nicholas W., Wislicenus and lactic acid: the chemical background to Van 't Hoff's hypothesis, in: *Van 't Hoff-Le Bel Centennial* (O. Bertrand Ramsay, Washington DC, 1975) p. 33-54.
- Fitzgerald, George Francis, Helmholtz Memorial Lecture, *Journal of the Chemical Society. Transactions*, 69 (1896) p. 885-912.
- Fleischer, A. und Kekulé, A., Oxycymol aus Campher, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 934-936.
- Fleming, J.A., *The alternate current transformer in theory and practice. Volume 1 The induction of electric currents* ('The Electrician' printing and publishing company, London, 1894) p. 41.
- Fölsing, Albrecht, *Wilhelm Conrad Röntgen. Aufbruch ins Innere der Materie* (Carl Hanser Verlag, München, 1995).
- Forman, Paul, Weimar culture, causality, and quantum theory: adaptation by German physicists and mathematicians to a hostile environment, *Historical Studies in the Physical Sciences*, 3 (1971) p. 1-115.
- Forman, Paul, Scientific Internationalism and the Weimar Physicists: The Ideology and Its Manipulation in Germany after World War I, *Isis*, 64 (1973) p. 150-180.
- Franchimont, A.P.N., *De verschillende richtingen der chemie. Blikken in het verleden, het heden en de toekomst der wetenschap* (Oratie 2 mei 1874, Universiteit van Leiden).
- Franchimont, A.P.N., *Leiddraad bij de studie van de koolstoffen hare verbindingen* (E.J. Brill, Leiden, 1878).
- Friedel, Charles, Notice sur la vie et les travaux de Charles-Adolphe Wurtz, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 43 (1885) p. 1-50.
- Friedman, Robert Marc, *The Politics of Excellence. Behind the Nobel Prize in Science* (Henry Holt and Company, New York, 2001).
- Frowein, P.C.F. en Hoff, J.H. van 't, Mitteilungen aus dem Universitätslaboratorium von Amsterdam. 1. Die Dissociation kristallwasserhaltiger Salze, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 5-14.
- Frowein, P.C.F., *Dissociatie van kristalwaterhoudende zouten* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 15 januari 1887).

- Füssli, Wilhelm, *Oskar von Miller 1855-1934. Eine Biographie* (Beck Verlag, München, 2005).
- Garfield, Eugene, What is the primordial reference for the phrase 'Publish Or Perish?', *The Scientist*, 10 (1996) p. 11-12.
- Gay, Hannah, The asymmetric carbon atom: (a) a case study of independent discovery; (b) an inductivist model for scientific method, *Studies in History and Philosophy of Science*, 9 (1978) p. 207-238.
- Gay-Lussac, Joseph Louis, Considérations sur les forces chimiques: sur la cohésion, *Comptes Rendus*, 8 (1839) p. 1000-1017.
- Gedächtnisfeier für J.H. van 't Hoff veranstaltet von der deutschen chemischen Gesellschaft am Sonntag den 14. Mai 1911, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 44 (1911) p. 2217-2252.
- Geison, Gerald L., Scientific Change, Emerging Specialties, and Research Schools, *History of Science*, 19 (1981) p. 20-40.
- Geison, Gerald L., *The private science of Louis Pasteur* (Princeton University Press, Princeton, 1995).
- Gerischer, H., Physikalische Chemie im Licht und Schatten der Geschichte Berlins, *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*, 98 (1994) p. 1482-1495.
- Gerrits, G.C., Jacobus Henricus Van 't Hoff, in: *Grote Nederlanders bij de opbouw der natuurwetenschappen* (G.C. Gerrits, E.J. Brill, Leiden, 1948) p. 353-380.
- Gibbs, J.W., On the equilibrium of heterogeneous substances, *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 3 (1874-1878) p. 108-248 en p. 343-524.
- Gibbs, J. Willard, Semipermeable films and osmotic pressure, *Nature*, 55 (1897) p. 461-462.
- Girnus, W., 90 Jahre Zeitschrift für physikalische Chemie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 258 (1977) p. 2-6.
- Girnus, Wolfgang, *Grundzüge der Herausbildung der physikalischen Chemie als Wissenschaftsdisziplin – Eine wissenschaftshistorische Fallstudie zur Disziplinengese in der Wissenschaft* (Dissertation Akademie der Wissenschaften der DDR, 1982).
- Girnus, W., 100 Jahre Zeitschrift für physikalische Chemie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 269 (1988) p. 209-215.
- Graaff, W.C. de, G. Hondius Boldingh 14 december 1893-14 december 1918, *Chemisch Weekblad*, 15 (1918) p. 1601-1610.
- Graham, Thomas en Otto, Friedrich Julius, *Ausführliches Lehrbuch der Chemie. Volume 1-v* (Vierte umgearbeitete Auflage, Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1863-1878).
- Grau, Conrad, Die Berliner Akademie der Wissenschaften als Gelehrtenengesellschaft. Ein Blick zurück auf den Weg in die Zukunft (1990), *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin*, 98 (2008) p. 151-189.
- Greiner, Anneliese, Welsh, Fritz, en Girnus, Wolfgang (eds.), *Chemiker über Chemiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822-1925, von Eilhard Mitscherlich bis Max Bodenstein* (Akademie-Verlag, Berlin, 1986).
- Groen, M., *Het wetenschappelijk onderwijs in Nederland van 1815-1980. Een onderwijskundig overzicht. Deel 7: Wis- en Natuurkunde* (EUT report. WM, Eindhoven University of Technology, Department of Philosophy and Social Sciences; Vol. 86-WM-007, 1986).
- Gröger, Martin, Die Entwicklung des Ostwald'schen Verdünnungsgesetzes in Zusammenarbeit von Ostwald, Arrhenius und Van 't Hoff, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Grossbothen e. V.*, 4 (1998) p. 52-62.

- Grossman, Robert B., Van 't Hoff, Le Bel, and the development of stereochemistry – A reassessment, *Journal of Chemical Education*, 66 (1989) p. 30-33.
- Groth, P., Über die Kristallformen einiger Platojodonitrite, *Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie*, 4 (1880) p. 492-503.
- Guggenheim, E.A., Textbook errors: more about the laws of reaction rates and of equilibrium, *Journal of Chemical Education*, 33 (1956) p. 544-545.
- Guldberg, C.M. en Waage, P., *Forhandlinger Videnskabs-Selskabet i Christiania* (1864) p. 35-40, p. 92-94, p. 111-120; *Ostwald's Klassiker der exacten Naturwissenschaften*, 104 (1899) p. 3-9.
- Guldberg, C.M. en Waage, P., *Les Mondes*, 12 (1864) p. 107-113.
- Guldberg, C.M. en Waage, P., *Études sur les affinités chimiques* (Brøgger & Christie, Christiania, 1867).
- Guldberg C.M. en Waage, P., Über die chemische Affinität, *Journal für praktische Chemie*, 127 (1879) p. 69-114.
- Gunning, J.W., *Leerboek der scheikunde ten gebruike aan inrtingen van lager en middelbaar onderwijs, en tot zelf-onderrikt. I: De scheikunde der niet-metalen. II: De scheikunde der metalen. III: Organische scheikunde.* (S.E. van Nooten, Schoonhoven, 1858-1862).
- Gunning, J.W., *De Beginzelen der Algemeene Scheikunde, Eerste deel* (S.E. van Nooten, Schoonhoven, 1873).
- Gunning, J.W., *Saccharimetrie en suikerbelasting, Rapport aan den Minister van Financiën* (C.G. van der Post, Amsterdam, 1875).
- Gunning, J.W., Rede van professor Gunning bij de opening van het nieuw laboratorium, *Propria Cures*, III, 2 (30 september 1891) p. 19-21.
- Hagedijk, Thijs, *The Song of the Nightingale? Van 't Hoff and the Analogy Between Solutions and Gases* (Masters' Thesis Universiteit Utrecht, 2013).
- Hakfoort, Casper, Science Deified: Wilhelm Ostwald's Energeticist World-view and the History of Scientism, *Annals of Science*, 49 (1992) p. 525-544.
- Hamburger, H.J., De invloed van scheikundige verbindingen op bloedlichaampjes in verband met hare moleculair-gewichten, *Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtse Hoogeschool*, 9 (1884) p. 26-42.
- Hamburger, H.J., *Osmotischer Druck und Ionenlehre in den medizinischen Wissenschaften. Zugleich Lehrbuch physikalisch-chemischer Methoden. Volume 1-3* (J.F. Bergmann, Wiesbaden, 1902-1904).
- Handelingen van het Elfde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig congres gehouden te Leiden van 4-6 april 1907* (J.L.E.I. Kleijnenberg, Haarlem, 1907).
- Hankins, Thomas L., In defence of biography: the use of biography in the history of science, *History of Science*, 17 (1979) p. 1-16.
- Hansel, K. und Vatterott, A., Dokumente und Briefe zur Neubesetzung der Professur für physikalische Chemie an der Universität Leipzig und Berufung Wilhelm Ostwalds, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.*, 1 (1996) p. 32-52.
- Hansel, K., Briefe zur Gründung der Zeitschrift für physikalische Chemie, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.*, 1 (1996) p. 57-83.
- Hansel, K. und Brückner, I., Der Briefwechsel Ostwald – van 't Hoff im Jahr 1887, *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.*, 2 (1997) p. 36-57.
- Hapke, Thomas, *Die Zeitschrift für physikalische Chemie. Hundert Jahre Wechselwirkung zwischen Fachwissenschaft, Kommunikationsmedium und Gesellschaft* (Verlag Traugott Bautz, Herzberg, 1990).
- Harnack, Adolf, Denkschrift für Wilhelm II. (21 november 1909), in: *50 Jahre Kaiser-*

- Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente* (Göttingen 1961) p. 80-94.
- Harpn, N. van, *Nederland-Zuid Afrika* (Amsterdam, 1899).
- Harrow, Benjamin, Van 't Hoff in America, *The Scientific Monthly*, 7 (1918) p. 564-568.
- Harrow, Benjamin, *Eminent chemists of our time* (Van Nostrand Co., New York, 1927).
- Harrow, Benjamin, The meeting of Ostwald, Arrhenius, and Van 't Hoff, *Journal of Chemical Education*, 7 (1930) p. 2697-2700.
- Harvey, Joy Dorothy, *Almost a man of genius: Clémence Royer, feminism, and nineteenth-century science* (Rutgers University Press, New Brunswick, 1997).
- Haver Droeze, Frederik Jan, in: *Nieuw Nederlandsch biografisch woordenboek. Deel 3* (P.C. Molhuysen en P.J. Blok (red.), A.W. Sijthoff, Leiden, 1914) p. 301.
- Heer, J. de, The principle of Le Châtelier and Braun, *Journal of Chemical Education*, 34 (1957) p. 375-380.
- Heerma van Voss, Sybrand, Ingezonden brief, 15 augustus 1930, *Tijdschrift der Algemeene Technische Vereeniging van Beetwortelsuikerfabrikanten en Raffinadeurs*, 26 (1930) p. 1.
- Heide, J.K. van der, *De dubbelzouten van kalium- en magnesiumsulfaat: Schöniet en Kaliumastrakaniet* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 7 juli 1893).
- Heide, J.K. van der, Die Doppelsalze von Kalium- und Magnesiumsulfat: Schönit und Kaliumastrakanit, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 12 (1893) p. 416-430.
- Heilbron, J.L., *The Dilemmas of an Upright Man: Max Planck as a Spokesman for German Science* (University of California Press, Berkeley, 1986).
- Heilbron, J.L., Applied History of Science, *Isis*, 78 (1987) p. 552-563.
- Helmholtz, H. von, Die Thermodynamik chemischer Vorgänge, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 2 februari 1882, p. 22-39.
- Helmholtz, H. von, Die Thermodynamik chemischer Vorgänge. Versuche an Chlorzink-Kalomel-Elementen, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 27 juli 1882, p. 825-836.
- Hendriks, Boy, Sybrand Heerma van Voss, in: *Nederlandse Ondernemers 1850-1950. Noord-Brabant, Limburg en Zeeland* (Redactie Joop Visser, Matthijs Dicke en Annelies van der Zouwen, Walburg Pers, Zutphen, 2009) p. 119-124.
- Henninger, A., Aus Paris, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 8 (1875) p. 439.
- Herz, W., Albert Ladenburg, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 45 (1912) p. 3597-3644.
- Het Van 't Hoff monument te Rotterdam* (Naamlooze Vennootschap v/h Ipenbuur & Van Seldam, Amsterdam, 1915).
- Hiebert, Erwin N., The experimental basis of Kekulé's valence theory, *Journal of Chemical Education*, 36 (1959) p. 320-327.
- Hiebert, Erwin N. en Körber, Hans-Günther, Wilhelm Ostwald (1853-1932), in: *Dictionary of Scientific Biography*, 15 (1982) p. 455-475.
- Hiebert, Erwin N., Developments in physical chemistry around the turn of the century, in: *Science Technology and Society in the time of Alfred Nobel* (Eds. Carl Gustaf Bernhard, Elisabeth Crawford and Per Sörbom, Pergamon Press/The Nobel Foundation, 1982) p. 97-115.
- Hiebert, Erwin N., Discipline identification in chemistry and physics, *Science in context*, 9 (1996) p. 93-119.
- Hittorf, W., Der hochverehrte Präsident der deutschen Elektrochemischen Gesellschaft, Herr Prof. Dr. J.H. Van 't Hoff, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 6 (1899) p. 46.
- Hobbs, William Herbert, The Grand Eruption of Vesuvius in 1906, *The Journal of Geology*, 14 (1906) p. 636-655.
- Höber, R., *Physikalische Chemie der Zelle und Gewebe* (Berlin und Leipzig, 1902).

- Hoeven, Abraham van der, In Memoriam Mr. S. Muller Hz., *Rotterdamsch Jaarboekje* (1916) p. 3-5.
- Hoff, H.J. van 't, *Bijdrage tot de kennis van inactieve appelzuren van verschillende afkomst* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 17 december 1885).
- Hoff, Henri van 't, Das Verhalten des Glykogens bei ruhenden und fliegenden Tauben, *Archiv für Physiologie, Physiologische Abteilung des Archives für Anatomie und Physiologie* (1910) p. 85-96.
- Hoff, J.H. van 't, Ueber eine neue Synthese der Propionsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 1107-1108.
- Hoff, J.H. van 't, Elegy on the death of a lady student at Bonn, died January 20, 1874 (printed by P. Hauptmann, Bonn).
- Hoff, J.H. van 't, Beiträge zur Kenntniss der Cyanessigsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 7 (1874) p. 1382-1383.
- Hoff, J.H. van 't, Beiträge zur Kenntniss der Cyanessigsäure und Malonsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 7 (1874) p. 1571-1572.
- Hoff, J.H. van 't, Faits pour servir à l'histoire de l'acide cyanacétique, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 22 (1874) p. 486-487.
- Hoff, J.H. van 't, *Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuur-formules in de ruimte; benevens een daarmee samenhangende opmerking omtrent het verband tusschen optisch actief vermogen en chemische constitutie van organische verbindingen* (J. Greven, Utrecht, 1874).
- Hoff, Jacobus Henricus van 't, *Bijdrage tot de kennis van cyanazijnzuur en malonzuur* (Proefschrift, Hoogeschool Utrecht, 22 december 1874, Stoomdrukkerij P.W. van de Weijer, Utrecht, 1874).
- Hoff, J.H. van 't, Sur les formules de structure dans l'espace, *Archives Néerlandaises*, 9 (1874) p. 445-454.
- Hoff, J.H. van 't, Sur les formules de structure dans l'espace, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 23 (1875) p. 295-301.
- Hoff, J.H. van 't, Isomerie en atoomligging. Antwoord op den openbaren brief van Buys Ballot, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1875) p. 37-45.
- Hoff, J.H. van 't, Bemerkung zur Arbeit des Herrn Petrieff über die Dibrommalonsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 8 (1875) p. 355.
- Hoff, J.H. van 't, *La chimie dans l'espace* (P.M. Bazendijk, Rotterdam 1875).
- Hoff, J.H. van 't, Matériaux pour la connaissance des acides cyanacétique et malonique, *Archives Néerlandaises*, 10 (1875) p. 274-288.
- Hoff, J.H. van 't, Beiträge zur Kenntniss des Styrax, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 9 (1876) p. 1339-1341.
- Hoff, J.H. van 't, Die Ladenburg'sche Benzolformel, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 9 (1876) p. 1881-1883.
- Hoff, J.H. van 't, Styrokamfer een nieuw lichaam uit styrax, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 71-75.
- Hoff, J.H. van 't, De spanningstoestand in gehard glas, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 145-148.
- Hoff, J.H. van 't, Over het mekoniumzuur, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 148-149.
- Hoff, J.H. van 't, Over ringvormige koolstof-binding, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 6 (1876) p. 150-152.
- Hoff, J.H. van 't, Een rechtsdraaiend lichaam in styrax. Antwoord aan Berthelot, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 4-7.

- Hoff, J.H. van 't, Inwerking van halogenen op organische zouten, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 7-12.
- Hoff, J.H. van 't, Iets over de benzoinereeks, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 44-45.
- Hoff, J.H. van 't, Een gewijzigd toestel voor het opvangen van stikstof bij analyses volgens Dumas, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1876) p. 59-60.
- Hoff, J.H. van 't, Die Identität von Styrol und Cinnamol, ein neuer Körper aus Styra, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 9 (1876) p. 5-6.
- Hoff, J.H. van 't, Sur l'huile volatile du styrax, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 25 (1876) p. 175-177.
- Hoff, J.H. van 't, Die Grenzebene, ein Beitrag zur Kenntnis der Esterbildung, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 10 (1877) p. 669-678.
- Hoff, J.H. van 't, Chlorbromkohlenstoff aus Trichloressigsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 10 (1877) p. 678-679.
- Hoff, J.H. van 't, Over de bindingsrichtingen van het stikstofatoom, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1877) p. 109-110.
- Hoff, J.H. van 't, Over de inwerking van zink op een mengsel van jood- of chloorazijnzuren en oxaalzuren ether, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 7 (1877) p. 111-114.
- Hoff, J.H. van 't, Ueber den Zusammenhang zwischen optischer Aktivität und Constitution, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 10 (1877) p. 1620-1623.
- Hoff, J.H. van 't, *De verbeeldingskracht in de wetenschap, Redevoering uitgesproken op 11 oktober 1878 bij de aanvaarding van het hoogleeraarsambt aan de Universiteit van Amsterdam* (P.M. Bazendijk, Rotterdam, 1878).
- Hoff, J.H. van 't, *Ansichten über die organische Chemie. Erster Theil* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1878).
- Hoff, J.H. van 't, *Ansichten über die organische Chemie. Zweiter Theil* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1881).
- Hoff, J.H. van 't, *Études de dynamique chimique* (Frederik Muller en Co, Amsterdam, 1884).
- Hoff, J.H. van 't, Dissociation de l'hydrate $\text{HBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 4 (1885) p. 414-417.
- Hoff, J.H. van 't, L'équilibre chimique dans les systèmes gazeux, ou dissous à l'état dilué, *Archives Néerlandaises*, 20 (1885) p. 239-302.
- Hoff, J.H. van 't, Sur la transformation du soufre, *Comptes Rendus*, 100 (1885) p. 1539-1540.
- Hoff, J.H. van 't, Ueber das Eintreten der kritischen Erscheinungen bei chemischer Zersetzung, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 18 (1885) p. 2088-2090.
- Hoff, J.H. van 't, Lois de l'équilibre chimique dans l'état gazeux ou dissous, *Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademien Handlingar*, Bandet 21 (1886) p. 1-58.
- Hoff, J.H. van 't, Bücherschau, J.H. van 't Hoff Dix années dans l'histoire d'une théorie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 576.
- Hoff, J.H. van 't, *Dix années dans l'histoire d'une théorie* (P.M. Bazendijk, Rotterdam, 1887).
- Hoff, J.H. van 't, Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 481-508.
- Hoff, J.H. van 't, Le point de transition et le point de fusion, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 6 (1887) p. 36-42, p. 91-94 en p. 137-139.
- Hoff, J.H. van 't, Le tensimètre différentiel de M. G.J.W. Bremer, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 6 (1887) p. 121.
- Hoff, J.H. van 't, Over de vorming van astrakaniet uit een mengsel van natrium- en mag-

- nesiumsulfaat, *Verslagen en Mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde Derde reeks, derde deel* (1887) p. 125.
- Hoff, J.H. van 't, De osmotische druk, *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 15 (1888) p. 1-7.
- Hoff, J.H. van 't, The function of osmotic pressure in the analogy between solutions and gases, *Philosophical Magazine*, 26 (1888) p. 81-105.
- Hoff, J.H. van 't, Über die Beziehung zwischen der Affinität in absolutem Mass und Ostwald's Affinitätsgrößen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 3 (1889) p. 608-610.
- Hoff, J.H. van 't, Über das Wesen des osmotischen Drucks. Antwort an Lothar Meyer, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 174-176.
- Hoff, J.H. van 't, Über feste Lösungen und Molekulargewichtsbestimmung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 322-339.
- Hoff, J.H. van 't, De physiologische beteekenis der jongste stroomingen op natuur- en scheikundig gebied, *Handelingen van het Derde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres (gehouden te Utrecht op den 3den en 4den April 1891)* (J. van Boekhoven, Utrecht, 1891) p. 26-36.
- Hoff, J.H. van 't, Sur les exceptions connues à la loi de Raoult, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Troisième Série*, 5 (1891) p. 932.
- Hoff, J.H. van 't, Zur Theorie der Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 9 (1892) p. 477-486.
- Hoff, J.H. van 't, De oxydatie van phosphor en zwavel in verdunde zuurstof naar de proeven van Thos. Ewan, *Verslagen en Mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde* (1894) p. 10.
- Hoff, J.H. van 't, *Die Lagerung der Atome im Raume, Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1894).
- Hoff, J.H. van 't, La force osmotique, *Revue Scientifique*, 19 (1894) p. 577-584.
- Hoff, J.H. van 't, Wie die Theorie der Lösungen entstand, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 27 (1894) p. 6-19.
- Hoff, J.H. van 't, De nieuwe elementen, Argon en Helium, *De Gids*, 59 (1895) p. 461-465.
- Hoff, J.H. van 't, Goldschmidt, H. en Jorissen, W.P., Über die Spaltung der Traubensäure und das Racemat von Scacchi, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 17 (1895) p. 49-61.
- Hoff, J.H. van 't, Über die Menge und die Natur des sogen. Ozons, das sich bei langsamer Oxydation des Phosphors bildet, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 16 (1895) p. 411-416.
- Hoff, J.H. van 't, Ein Blick in das neue chemisch-physikalische Forschungsgebiet, *Deutsche Revue*, 20 (1895) p. 113-119.
- Hoff, J.H. van 't, Openingsrede van het vijfde Ned. Natuur- en Geneeskundig Congres te Amsterdam, 19 april 1895, *Weekblad van het Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*, No. 17, 27 april 1895, p. 817-824.
- Hoff, J.H. van 't, Ueber das Verdünnungsgesetz bei Salzen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 18 (1895) p. 300-304.
- Hoff, J.H. van 't, August Kekulé (1829-1896), *Die Nation, Wochenschrift für Politik, Volkswirtschaft und Litteratur*, xii Jahrgang (1895/1896) p. 646-647.
- Hoff, J.H. van 't, Antrittsrede. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1896 (zweiter Band) p. 745-747.
- Hoff, J.H. van 't, *Studien zur chemischen Dynamik* (Bearbeitet von Dr. Ernst Cohen, Frederik Müller & Co, Amsterdam/Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1896).
- Hoff, J.H. van 't, *Studies in chemical dynamics* (Translated by Thos. Ewan, Frederik Müller & Co., Amsterdam/Williams & Norgate, London, 1896).

- Hoff, J.H. van 't, *Vorlesungen über Bildung und Spaltung von Doppelsalzen* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1897).
- Hoff, J.H. van 't, *The Arrangement of Atoms in Space* (Longmans, London, 1898).
- Hoff, J.H. van 't, Über die zunehmende Bedeutung der anorganischen Chemie, *Zeitschrift für anorganische Chemie*, 18 (1898) p. 1-13.
- Hoff, J.H. van 't, *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie. Erstes Heft: die chemische Dynamik* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1898), *Zweites Heft: die chemische Statik* (1899) en *Drittes Heft: Beziehungen zwischen Eigenschaften und Zusammensetzung* (1900).
- Hoff, J.H. van 't, *Leçons de chimie physique. Première partie: La dynamique chimique* (1898); *Deuxième partie: La statique chimique* (1899); *Troisième partie: Relations-entre les Propriétés et la Composition* (1900) (Ouvrage traduit de l'allemand par M. Corvisy, A. Hermann, Paris).
- Hoff, J.H. van 't, *Lectures on theoretical and physical Chemistry. Part I* (1899); *Parts II and III* (1900) (Translated by R.A. Lehfeldt, Edward Arnold, London).
- Hoff, J.H. van 't, In Memoriam Jan Willem Gunning, *Amsterdamsche Studenten-almanak* 1901 (J. Clausen, Amsterdam) p. 42-52.
- Hoff, J.H. van 't, Physical chemistry, *Science*, 14 (1901) p. 126-129.
- Hoff, J.H. van 't, *Zinn, Gips und Stahl vom physikalisch-chemischen Standpunkt*, Vortrag gehalten im Verein der deutschen Ingenieure zu Berlin (R. Oldenbourg Verlag, München u. Berlin, 1901).
- Hoff, J.H. van 't, *Acht Vorträge über physikalische Chemie gehalten auf Einladung der Universität Chicago vom 20. bis 24. Juni 1901* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1902).
- Hoff, J.H. van 't, Ueber das Auskrystallisieren complexer Salzlösungen bei constanter Temperatur, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 14 (1901) p. 531-537.
- Hoff, J.H. van 't, Die Nobel Stiftung, *Deutsche Revue*, 27 (tweede kwartaal 1902) p. 80-86.
- Hoff, J.H. van 't, Raoult Memorial Lecture, *Journal of the Chemical Society. Transactions*, 81 (1902) p. 969-981.
- Hoff, J.H. van 't, Die Phasenlehre. Vortrag, gehalten vor der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin am 29. Nov. 1902, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 35 (1902) p. 4252-4264.
- Hoff, J.H. van 't, De molekulare verlagning der kritische temperatuur, *Chemisch Weekblad*, 1 (1903) p. 93-96.
- Hoff, J.H. van 't, Friedrich Wilhelm Ostwald, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 46 (1903) p. v-xv.
- Hoff, J.H. van 't, *Physical chemistry in the service of the sciences*, translated by Alexander Smith (Chicago University Press, Chicago, 1903).
- Hoff, J.H. van 't, Russische vertaling van de *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie* (J. Jukow, onder redactie van Wl. Kistiakowsky, Buchhandlung von K.L. Rücker, St.-Petersburg, 1903).
- Hoff, J.H. van 't, Einfluß der Änderung der spezifischen Wärme auf die Umwandlungsarbeit, in: *Festschrift Ludwig Boltzmann, gewidmet zum sechzigsten Geburtstag, 20 februari 1904* (Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1904) p. 233-241.
- Hoff, J.H. van 't, Nobel Vorlesung, 13 december 1901, in: *Les Prix Nobel 1901* (Imprimerie Royale. P.A. Norstedt & Fils, Stockholm, 1904) p. 1-7.
- Hoff, J.H. van 't, The relation of physical chemistry to physics and chemistry, *Science*, 22 (1905) p. 649-654.

- Hoff, J.H. van 't, The relations of physical chemistry to physics and chemistry, in: *International Congress of Arts and Science Volume IV Physics, Chemistry, Astronomy, Sciences of the Earth* (Ed. Howard J. Rogers, University Alliance, New York, 1905) p. 304-310.
- Hoff, J.H. van 't, *Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, Erster Teil 1905, Zweiter Teil 1909).
- Hoff, J.H. van 't, Anregung und Vorschläge zur wissenschaftlichen Erforschung der norddeutschen Kalisalzlager. Vortrag, gehalten im Zweiten deutschen Kalitag am 13. Mai 1906 zu Staßfurt, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 16 (1906) p. 1159-1161.
- Hoff, J.H. van 't, Die Thermochemie, *Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines* (1906) p. 1-4.
- Hoff, J.H. van 't, Wilhelm Meyerhoffer (13 september 1864-21 april 1906), *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 39 (1906) p. 4471-4478.
- Hoff, J.H. van 't, Teyler's Museum en de beteekenis van geschiedkundige verzamelingen voor natuurwetenschap en industrie, *De Gids* (1906) p. 338-349.
- Hoff, J.H. van 't, Prof. Dr. Hendrik Willem Bakhuis Roozeboom, 24 oktober 1854-8 februari 1907, *Chemiker Zeitung*, 31 (1907) p. 199-200.
- Hoff, J.H. van 't, Die Christ-soziale Politik (eine Nachbetrachtung), *Neue Freie Presse*, 29 december 1907.
- Hoff, J.H. van 't, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. LI. Borocalcit und die künstliche Darstellung von Ascharit, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1907 (zweiter Band) p. 652-663.
- Hoff, J.H. van 't, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen (Schluss) No. LII. Der Verband für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagerstätten, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1908 (erster Band) p. 436-439.
- Hoff, J.H. van 't, Lodewijk Theodorus Reicher 25 jaar doctor, *Chemisch Weekblad*, 5 (1908) p. 517-526.
- Hoff, J.H. van 't, Sanatoriums-Betrachtung, *Biochemische Zeitschrift. Festband, H.J. Hamburger gewidmet* (Julius Springer, Berlin, 1908) p. 260-263.
- Hoff, J.H. van 't, Ein Apparat zur Gipsprüfung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 70 (1909) p. 146-152.
- Hoff, J.H. van 't, Charles Maria van Deventer 25 jaar doctor, *Chemisch Weekblad*, 6 (1909) p. 1005-1014.
- Hoff, J.H. van 't, Über synthetische Fermentwirkung I, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1909 (zweiter Band) p. 1065-1076.
- Hoff, J.H. van 't, Über synthetische Fermentwirkung II, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1910 (zweiter Band) p. 963-970.
- Hoff, J.H. van 't, De voorspelling van een rektoraatsrede verwezenlijkt, *Gedenkboek Van Bemmelen* (C. de Boer jr., Helder, 1910) p. 380-385.
- Hoff, J.H. van 't, Der Verband für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagerstätten, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1910 (zweiter Band) p. 772-786.
- Hoff, J.H. van 't, Gedächtnisrede auf Hans Heinrich Landolt, *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1910* (Verlag der Königl. Akademie der Wissenschaften, Berlin, 1911) p. 3-13.
- Hoff, J.H. van 't, Onderzoek en Onderwijs, *De Ingenieur. Orgaan van het Kon. Instituut*

- van Ingenieurs en van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs (1911) p. 1-6.
- Hoff, J.H. van 't, *Die chemischen Grundlehren nach Menge Mass und Zeit* (Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1912).
- Hoff, J.H. van 't, Das Teyler-Museum in Haarlem und die Bedeutung historischer Sammlungen für Naturwissenschaft und Technik, *Vorträge und Berichte des Deutsche Museums*, Heft 9 (1912) p. 1-10.
- Hoff, J.H. van 't, *Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagere* (Eds. E. Cohen en H. Precht, Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1912).
- Hoff, J.H. van 't, Armstrong, E.F., Hinrichsen, W., Weigert, F. und Just, G., Gips und Anhydrit, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 45 (1903) p. 257-306.
- Hoff, J.H. van 't en Behn, U., Die gegenseitige Verwandlung der Calciummonoborate, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1906 (erster Band) p. 653-656.
- Hoff, J.H. van 't en Dawson, H.M., Die racemische Umwandlung des Ammoniumbimalats, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 31 (1898) p. 528-534.
- Hoff, J.H. van 't en Donnan, F.G., Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. vi, Die Maximaltensionen der gesättigten Lösungen von Magnesiumchlorid, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat, Kaliumchlorid und deren Doppelsalzen bei 25°, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (zweiter Band) p. 1146-1151.
- Hoff, J.H. van 't en Goldschmidt, H., Das Racemat von Wyruboff, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 17 (1895) p. 505-512.
- Hoff, J.H. van 't en Kenrick, F.B., Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. iv, Die Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse von Tachhydrit, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (erster Band) p. 508-515.
- Hoff, J.H. van 't en Meyerhoffer, W., Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der oceanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagere, Einleitung, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (erster Band) p. 69-75.
- Hoff, J.H. van 't en Meyerhoffer, W., Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. ii, Die Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse von Chlormagnesium und dessen Hydraten oberhalb null Grad, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (erster Band) p. 137-141.
- Hoff, J.H. van 't en Meyerhoffer, W., Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. iii, Die Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse von Karnallit, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (erster Band) p. 487-507.
- Hoff, J.H. van 't en Meyerhoffer, W., Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. v, Das Auskristallisieren der Lösungen von Magnesiumchlorid, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat, Kaliumchlorid und deren Doppelsalzen bei 25°, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1897 (zweiter Band) p. 1019-1034.
- Hoff, J.H. van 't, Meyerhoffer W. en Smith, Norman, Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. xxiii. Das Auftreten von Kieserit bei 25°C, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1901 (erster Band) p. 1034-1044.

- Hoff, J.H. van 't en Meyerhoffer, W., Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen No. xxxvi, Die Mineralkombinationen (Paragenesen) von 25° bis 83°, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahrgang 1904 (erster Band) p. 659-670.
- Hoff, J.H. van 't en Müller, Wolf, Über die racemische Umwandlung des Rubidium-racemats, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 31 (1898) p. 2206-2212.
- Hoff, J.H. van 't en Müller, Wolf, Über die racemische Umwandlung des Kalium-racemats, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 32 (1899) p. 857-859.
- Hoff, J.H. van 't en Reicher, L.Th., Die Umwandlungstemperatur bei der doppelten Zersetzung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 3 (1889) p. 482-487.
- Hoff, J.H. van 't en Reicher, L.Th., Über die Dissociationstheorie der Elektrolyte, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 777-781.
- Hoff, J.H. van 't en Van Deventer, Ch.M., Ueber die Umwandlungstemperatur bei chemischer Zersetzung, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 19 (1886) p. 2142-2153.
- Hoff, J.H. van 't en Van Deventer, Ch.M., Die Umwandlungstemperatur bei chemischer Zersetzung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 165-185.
- Hoff sr., J.H. van 't, *Ter herinnering. Brieven aan zijne dochter Hendrika* (P.M. Bazendijk, Rotterdam, 1893).
- Hoff, L. van 't, *Klinische waarnemingen op het gebied der acute infectieziekten* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 26 februari 1892).
- Hofmann, August Wilhelm von, Wahlvorschlag für Hermann Kolbe (1818-1884) zum K[orrespondierendes] M[itglied], in: *Chemiker über Chemiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822-1925, von Eilhard Mitscherlich bis Max Bodenstein* (Eds. Anneliese Greiner, Fritz Welsh, Wolfgang Girmus, Akademie-Verlag, Berlin, 1986) p. 118-119.
- Holleman, A.F., Prof. Hoogewerff en de Suikercommissie, *Chemisch Weekblad*, 24 (1927) p. 432-433.
- Holleman, A.F., Bij het vijftigjarig bestaan van het Recueil, *Chemisch Weekblad*, 29 (1932) p. 270-271.
- Holleman, A.F., Herinneringen aan Van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 48 (1952) p. 638-640.
- Holmes, Frederic L., From elective affinities to chemical equilibria: Berthollet's law of mass action, *Chymia*, 8 (1962) p. 105-145.
- Holmes, Frederic L., The Complementarity of Teaching and Research in Liebig's Laboratory, *Osiris*, 5 (1989) p. 121-164.
- Homburg, Ernst, Van volksscheikunde tot technologie: Popularisering van de chemie in de negentiende eeuw, *Gewina*, 18 (1995) p. 72-101.
- Homburg, Ernst, Keeping the Ranks Closed: The Dutch Chemical Society, 1903-1914, in: *Creating Networks in Chemistry: The Founding and Early History of Chemical Societies in Europe* (Edited by Anita Kildebæk Nielsen and Soňa Štrbáňová, The Royal Society of Chemistry, 2008) p. 186-222.
- Hoogewerff, S., Levensbericht A.C. Oudemans Jr., in: *Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* (Amsterdam, 1896) p. 69-94.
- Hornix, Willem and Mannaerts, S. (eds.), *Van 't Hoff and the emergence of chemical thermodynamics. Centennial of the first Nobel Prize for Chemistry, 1901-2001* (Delft University Press, 2001).
- Horstmann, A., Zur Theorie der Dissociation, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* (1871) p. 635-639.

- Horstmann, A., Die Theorie der Dissociation, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 170 (1873) p. 192-210.
- Horstmann, August, Referate, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21 (1888) p. 43-45.
- Horstmann, August, Referate, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 23 (1890) p. 137.
- Horstmann, August, *Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge*, Ostwald's *Klassiker der exakten Wissenschaften* (Ed. J.H. van 't Hoff, Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1903).
- Houten, J. van, A Century of Chemical Dynamics Traced through the Nobel Prizes. 1901: Jacobus Van 't Hoff, *Journal of Chemical Education*, 78 (2001) p. 1570-1573.
- Hubrecht, A.A.W., Hoffmann, C.K., Van Diesen, G., Michaëlis, N.Th., Hoff, J.H. van 't en Hoek, P.P.C., Mededeeling van de Limnoria commissie, *Verslagen en Mededeelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde Derde reeks, Tweede deel* (Johannes Müller, Amsterdam, 1886) p. 205-209.
- Hubrecht, A.A.W., Van 't Hoff als Delftsch student, *Gedenboek van het xide lustrum van het Delftsch Studentencorps* (J. Waltman Jr., Delft, 1903) p. 69-72.
- Huet, A., Govert Jacob Mees. In Memoriam, *De Ingenieur*, 19 januari 1895, 10 (1895) p. 25-26.
- Ilde, Aaron J., *The development of modern chemistry* (Harper & Row, New York, 1966).
- In Memoriam Charles David Snyder (1871-1973), *The Physiologist*, 16 (1973) p. 688-689.
- Itallie-van Embden, W. van, Prof. Dr. H. de Vries, in: W. van Itallie-van Embden, *Sprekende portretten. Esther de Boer-van Rijk, Emile Coué, Herman Heijermans, Jan Toorop, P.J. Troelstra, Hugo de Vries* (Rotterdam, 1928) p. 69-80.
- Iterson, G. van, Dooren de Jong, L.E. den en Kluyver, A.J., Martinus Willem Beijerinck. His life and his work, in: *Beijerinck and the Delft School of Microbiology* (Eds. Pieter Bos and Bert Theunissen, Delft University Press, 1995).
- Jaenicke, Walther, *100 Jahre Bunsen Gesellschaft 1894-1994* (Steinkopff, Darmstadt, 1994) p. 1-34.
- Jaffe, Bernard, *Crucibles: The story of chemistry. From ancient alchemy to nuclear fission* (Premier Books, Greenwich Connecticut, 1960).
- Jellett, J.H., Researches in Chemical Optics, *Transactions of the Irish Academy of Sciences*, 25 (1875) p. 371-450.
- Jellett, J.H., *Chemisch-optische Untersuchungen*, Ostwald's *Klassiker* (Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1908).
- Jensen, William B., August Horstmann and the origins of chemical thermodynamics, *Bulletin for the History of Chemistry*, 34 (2009) p. 83-91.
- Jensen, William B. and Kuhlmann, Julia, Leopold Pfaundler and the origins of the kinetic theory of chemical reactions, *Bulletin for the History of Chemistry*, 37 (2012) p. 29-41.
- Jensma, G. en Vries, H. de, *Veranderingen in het hoger onderwijs in Nederland tussen 1815 en 1940* (Verloren, Hilversum, 1997).
- Johnson, George, *Miss Leavitt's Stars: The Untold Story of the Woman Who Discovered How to Measure the Universe* (W.W. Norton & Company, New York, 2005).
- Johnson, Jeffrey A., Academic chemistry in Imperial Germany, *Isis*, 76 (1985) p. 500-524.
- Johnson, Jeffrey A., Academic Self-Regulation and the Chemical Profession in Imperial Germany, *Minerva*, 23 (1985) p. 241-271.
- Johnson, Jeffrey A., Vom Plan einer Chemischen Reichsanstalt zum ersten Kaiser-Wilhelm-

- Institut: Emil Fischer, in: *Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft* (Herausgegeben von Rudolf Vierhaus und Bernhard vom Brocke, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1990) p. 486-515.
- Johnson, Jeffrey Allan, *The Kaiser's chemists. Science and modernization in Imperial Germany* (The University of North Carolina Press, Chapel Hill, 1990).
- Johnson, Jeffrey Allan, Akademische Grabenkämpfe und industrielle Ressourcennutzung. Chemie im Spannungsfeld von 'reiner' und 'angewandter' Forschung, in: *Die Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Kaiserreich* (Akademie Verlag, Berlin, 1999) p. 355-380.
- Johnson, Jeffrey Allan, Dilemmas of 19th-century Liberalism among German Academic Chemists: Shaping a National Science Policy from Hofmann to Fischer, 1865-1919, *Annals of Science*, 72 (2015) p. 224-241.
- Johnson, Jeffrey Allan, Zwischen Nationalismus und Internationalismus: die Deutsche Chemische Gesellschaft 1867-1945, *Angewandte Chemie*, 129 (2017) p. 11190-11204.
- Jones, Harry C., The van 't Hoff celebration, *Science*, 11 (1900) p. 241-246.
- Jones, Harry C., Jacobus Henricus van 't Hoff, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 45 (1911) p. iii-xii.
- Jones, Harry C., Jacobus Henricus van 't Hoff, *The American Chemical Journal*, 45 (1911) p. 1-9.
- Jones, Harry C., Jacobus Henricus van 't Hoff, *The Popular Science Monthly* (1911) p. 94-97.
- Jones, Harry C., *A new era in chemistry. Some of the more important developments in general chemistry during the last quarter of a century* (Van Nostrand Co., New York, 1913).
- Jongh, Maurice de, Boerderij 't Hoff: van ambachtsheerlijke hoeve tot bouwplaats?, *Swindregt Were*, 31 nr. 1 (2017) p. 23-41.
- Jongh, Maurice de, Bouwen en verbouwen op 't Hoff: Tien eeuwen bouwgeschiedenis van een bijzonder terrein, *Swindregt Were*, 31 nr. 2 (2017) p. 5-16.
- Jorissen, F., *Het Hoogheemraadschap van de Zwijndrechtse Waard. Februari 1331-Februari 1955* (Hoogheemraadschap Zwijndrecht, 1955).
- Jorissen, W.P., L.C. Levoir, *Chemisch Weekblad*, 5 (1908) p. 275-279.
- Jorissen, W.P., *Het chemisch (thans anorganisch chemisch) laboratorium der universiteit te Leiden van 1859-1909 en de chemische laboratoria dier universiteit vóór dat tijdvak en hen die er doceerden* (A.W. Sijthoff's Uitgeversmaatschappij, Leiden, 1909).
- Jorissen, W.P., J.H. van 't Hoff, 30 augustus 1852-1 maart 1911, *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 197-198.
- Jorissen, W.P., J.H. van 't Hoff, 30 augustus 1852-1 maart 1911, *De Nieuwe Gids*, mei 1911, p. 691-697.
- Jorissen, W.P., J.H. van 't Hoff, *Eigen Haard*, 37 (1911) p. 196-199.
- Jorissen, W.P., Iets over het onderwijs in de chemie aan het Athenaeum Illustre te Amsterdam voor de komst van J.W. Gunning I, *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 501-514.
- Jorissen, W.P., Iets over het onderwijs in de chemie aan het Athenaeum Illustre te Amsterdam voor de komst van J.W. Gunning II, *Chemisch Weekblad*, 8 (1911) p. 527-538.
- Jorissen, W.P., Iets over Van 't Hoff's aan de Zweedsche Akademie gezonden verhandelingen, *Chemisch Weekblad*, 9 (1912) p. 403-405.
- Jorissen, W.P. en Reicher, L.Th., *J.H. van 't Hoff's Amsterdamse Periode 1877-1895* (C. de Boer jr., Helder, 1912).
- Jorissen, W.P., Nog iets over Van 't Hoff's aan de Zweedsche Akademie gezonden verhandelingen, *Chemisch Weekblad*, 14 (1917) p. 1150-1151.

- Jorissen, W.P., Eenige brieven van Van 't Hoff 1874-1875, *Chemisch Weekblad*, 21 (1924) p. 495-501.
- Jorissen, W.P., Jacobus Henricus van 't Hoff en de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, *Chemisch Weekblad*, 44 (1948) p. 474-477.
- Jubelband für J.H. van 't Hoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 31 (1899) p. 1-397.
- Jubelband für Wilhelm Ostwald, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 46 (1903) p. 1-878.
- Jubelband für Svante Arrhenius zur Feier des 25-jährigen Bestandes seiner Theorie der elektrolytischen Dissociation gewidmet von seinen Freunden und Schülern, I und II, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 69 (1909) p. 1-685 en 70 (1910) p. 1-643.
- Jungfleisch, M., Sur la préparation de l'acide malique inactif, *Bulletin de la Société Chimique de Paris. Nouvelle Série*, 30 (1878) p. 147.
- Jüttemann, Andreas, *Die preußischen Lungenheilstätten 1863-1934* (Dissertation vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin, 2015).
- Kekulé, August, Über die Constitution und die Metamorphosen der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffs, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 106 (1858) p. 129-159.
- Kekulé, Aug., *Lehrbuch der organischen Chemie* (Ferdinand Enke Verlag, Erlangen, 1859).
- Kekulé, Aug., Ueber die Bromsubstitutionsproducte der Bernsteinsäure und ihre Umwandlung in Weinsäure und Aepfelsäure, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 117 (1861) p. 120-129.
- Kekulé, August, Untersuchungen über organische Säuren. Einwirkung von Bromwasserstoff auf mehratomige Säuren, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 130 (1864) p. 11-31.
- Kekulé, Aug., On some points of chemical philosophy, *The Laboratory*, 1 (1867) p. 303.
- Kekulé, August, Die Chemie auf der 43. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Innsbruck, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 2 (1869) p. 548-551.
- Kekulé, August, *Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie. Rede, gehalten beim Antritt des Rectorats der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität am 18. Oktober 1877* (Verlag von Max Cohen & Sohn (Fr. Cohen), Bonn, 1878).
- Kekulé, A., Nachtrag zu dem vertraulichen Schreiben des Dr. R., *Journal für praktische Chemie*, 17 (1878) p. 157-163.
- Kekulé, Aug. und Fleischer, A., Untersuchungen über einige Körper der Camphergruppe. Carvol und Carvacrol, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 1087-1092.
- Kelvin, Lord, On osmotic pressure against an ideal semipermeable membrane, *Nature*, 55 (1897) p. 272-273.
- Kenrick, Frank B., Die racemische Umwandlung des Ammoniumbimalats, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 30 (1897) p. 1749-1757.
- Kerckhoff, P.J. van, *Een blik op den tegenwoordigen toestand der scheikunde* (J.B. Wolters, Groningen, 1858).
- Kerckhoff, P.J. van, *Over chemische verbinding* (Inwijdingsrede 3 december 1868, Universiteit van Utrecht).
- Kerkwijk, C.P. van, *Antoine Paul Nicolas Franchimont (1844-1919)* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 1934).
- Kern, H., Levensbericht J.J. Hoffmann, *Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen gevestigd te Amsterdam voor 1878* (C.G. van der Post, Amsterdam, 1879) p. 1-20.
- King, Christine, Experiments with time: Progress and problems in the development of chemical kinetics, *Ambix*, 28 (1981) p. 70-82.

- King, Christine, Experiments with time: Progress and problems in the development of chemical kinetics. Part 2, *Ambix*, 29 (1982) p. 49-61.
- Kipnis, Alexander, August Horstmann (1842-1929): Eine große Übergangsfigur in der Geschichte der physikalischen Chemie, *Mitteilungen, Gesellschaft Deutscher Chemiker/ Fachgruppe Geschichte der Chemie* Bd. 11 (Frankfurt/Main, 1995) p. 26-44.
- Kipnis, A. Ya., Yavelov, B.E. and Rowlinson, J.S., *Van der Waals and molecular science* (Oxford University Press, Oxford, 1996).
- Kirsten, Christa und Körber, Hans-Günther (eds.), *Physiker über Physiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie 1870-1929 von Hermann von Helmholtz bis Erwin Schrödinger* (Akademie-Verlag, Berlin, 1975).
- Kitwell, Peggy Aldridge, Margaret Eliza Maltby (1860-1944), in: *Out of the Shadows. Contributions of Twentieth-Century Women to Physics* (eds. Nina Byers and Gary Williams, Cambridge University Press, Cambridge, 2006) p. 26-35.
- Kloe, Fabian de, *Constructing worlds with words: science and international language in the early twentieth century* (Proefschrift, Universiteit van Maastricht, 2014).
- Klooster, H.S. van, Van 't Hoff (1852-1911) in retrospect, *Journal of Chemical Education*, 29 (1952) p. 376-379.
- Knegtmans, Peter Jan, Het elan van een hoofdstedelijke universiteit, *Gewina*, 24 (2001) p. 85-96.
- Knegtmans, P.J., *Professoren van de stad. Het Athenaeum Illustre en de Universiteit van Amsterdam 1632-1960* (Amsterdam University Press, Amsterdam, 2003).
- Knegtmans, Peter Jan, *Professoren van de stad. Het Athenaeum Illustre en de Universiteit van Amsterdam, 1632-1960* (Amsterdam University Press, Amsterdam, 2007).
- Koch, Jan, Brieven uit Berlijn. Bij onzen beroemden landgenoot, *Arnhemsche Courant*, 19 december 1901.
- Koenigsberger, Leo, *Hermann von Helmholtz. Zweiter Band* (Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1902).
- Kohler, R.E., *From Medical Chemistry to Biochemistry. The making of a Biomedical Discipline* (Cambridge University Press, Cambridge, 1982).
- Kohlrausch, F., Das electrische Leistungsvermögen der wässerigen Lösungen von den Hydraten und Salzen der leichten Metalle, *Annalen der Physik*, 6 (1879) p. 1-51 en p. 145-210.
- Kohlrausch, Friedrich, Ueber das Leitungsvermögen einiger Electrolyte in äusserst verdünnter wässeriger Lösung, *Annalen der Physik und Chemie*, 26 (1885) p. 161-226.
- Kohlrausch, F., Über die Formel von van 't Hoff für das Verdünnungsgesetz bei Salzen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 18 (1895) p. 662.
- Kohlrausch, F. and Nippoldt, W.A., Ueber die Gültigkeit der Ohm'schen Gesetze für Electrolyte, *Annalen der Physik*, 138 (1869) p. 280-298 en p. 370-390.
- Kolbe, Hermann, Über die Structurformeln und die Lehre von der Bindung der Atome, *Journal für praktische Chemie*, 3 (1871) p. 127-136.
- Kolbe, H., Zeichen der Zeit I, *Journal für Praktische Chemie*, 14 (1876) p. 268-278.
- Kolbe, H., Zeichen der Zeit II, *Journal für Praktische Chemie*, 15 (1877) p. 473-477.
- Kolbe, H., Kritik der Rectoratsrede von Aug. Kekulé, *Journal für praktische Chemie*, 17 (1878) p. 139-156.
- Kolbe, H., Meine Betheiligung an der Entwicklung der theoretischen Chemie, *Journal für praktische Chemie*, 23 (1881) p. 305-323.
- Kooy, D.M., *De stabiliteit der waterstofverbindingen* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 19 april 1893).

- Kooy, D.M., Über die Zersetzung des gasförmigen Phosphorwasserstoffs, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 12 (1893) p. 155-161.
- Köppe, Hans, *Physikalische Chemie in der Medicin. Einführung in die Physikalische Chemie und ihre Verwertung in der Medicin* (Alfred Hölder, Wien, 1900).
- Koranyi, A. von und Richter, P.F., *Physikalische Chemie und Medizin* (Leipzig, 1907).
- Körber, Hans-Günther, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. I. Teil, Briefwechsel mit Ludwig Boltzmann, Max Planck, Georg Helm und Josiah Willard Gibbs* (Akademie-Verlag, Berlin, 1961).
- Körber, Hans-Günther, *Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds. II. Teil, Briefwechsel mit Svante Arrhenius und Jacobus Henricus van 't Hoff* (Akademie-Verlag, Berlin, 1969).
- Kormos Barkan, Diana, A usable past: Creating disciplinary space for physical chemistry, in: *The Invention of Physical Science. Intersections of Mathematics, Theology and Natural Philosophy Since the Seventeenth Century* (Eds. M.J. Nye, J.L. Richards and R.H. Stuewer, Kluwer Academic Publishers, 1992) p. 175-202.
- Kormos Barkan, Diana, *Walther Nernst and the transition to modern physical science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1999).
- Kousbroek, Rudy, De verbeeldingskracht in de wetenschap, in: *Verbeeldingskracht en wetenschap* (Elseviers Uitgeversmaatschappij, Amsterdam, 1984) p. 9-25.
- Kox, A.J., Uit de hand gelopen onderzoek in opdracht: H.A. Lorentz' werk in de Zuiderzeecommissie, in: *Onderzoek in opdracht: De publieke functie van het universitaire onderzoek in Nederland sedert 1876* (Redactie L.J. Dorsman en P.J. Knegtmans, Verloren, Hilversum, 2007) p. 39-52.
- Kragh, Helge, Julius Thomsen and Classical Thermochemistry, *The British Journal for the History of Science*, 17 (1984) p. 255-272.
- Kragh, Helge, *An introduction to the historiography of science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1986).
- Kragh, H., Between physics and chemistry: Helmholtz's route to a theory of chemical thermodynamics, in: *Hermann van Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science* (David Cahan, ed., Berkeley, University of California Press, 1993) p. 403-431.
- Kragh, Helge, Van 't Hoff and the Transition from Thermochemistry to Chemical Thermodynamics, in: *Van 't Hoff and the emergence of chemical thermodynamics* (Eds. Willem Hornix and S. Mannaerts, Delft University Press, 2001) p. 191-207.
- Kragh, Helge and Weininger, Stephen J., Sooner Silence than Confusion: The Tortuous Entry of Entropy into Chemistry, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 27 (1996) p. 91-130.
- Kruit, Pieter C. van der, *De inrichting van de hemel. Een biografie van astronoom Jacobus C. Kapteyn* (Amsterdam University Press, Amsterdam, 2016).
- Kruit, Pieter C. van der, *Horizonnen. Een biografie van astronoom Jan Hendrik Oort* (Prometheus, Amsterdam, 2020).
- Kruyt, Hugo Rudolph, *De dynamische allotropie der zwavel* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht, 1908).
- Kruyt, H.R., Samenwerking van wetenschap en industrie in Nederland, *Chemisch Weekblad*, 15 (1918) p. 418-426.
- Kruyt, H.R., in: *Geestelijk Nederland 1920-1940. Deel II* (onder redactie van K.F. Proost en Jan Romein, Amsterdam/Antwerpen, 1948) p. 228.
- Kylstra, P.H., Franciscus C. Donders 1818-1889, in: *Van Stevin tot Lorentz. Portretten van achttien Nederlandse natuurwetenschappers* (A.J. Kox (ed.), Bert Bakker, Amsterdam, 1990) p. 146-147.

- Laar, J.J. van, Prof. J.H. van 't Hoff, *De Nieuwe Amsterdammer*, 2 maart 1911.
- Ladenburg, Albert, *Naturwissenschaftliche Vorträge in gemeinverständlicher Darstellung* (Akademische Verlagsgesellschaft mbH, 1911).
- Ladenburg, Albert, *Lebenserinnerungen* (Trewendt & Granier, Breslau, 1912).
- Laidler, Keith J., The Development of the Arrhenius Equation, *Journal of Chemical Education*, 61 (1984) p. 494-498.
- Laidler, Keith J., Chemical Kinetics and the Origin of Physical Chemistry, *Archive for History of Exact Sciences*, 32 (1985) p. 43-75.
- Lakatos, Imre, Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes, in: *Criticism and the Growth of Knowledge* (I. Lakatos and A. Musgrave eds., Cambridge University Press, 1970).
- Langevin, Paul, L'interprétation cinétique de la pression osmotique, *Journal de chimie physique*, 10 (1912) p. 524 en p. 527.
- Le Châtelier, H., *Comptes Rendus*, 99 (1884) p. 786-789 en 106 (1888) p. 355-357.
- Leiden. *De geschiedenis van een Hollandse stad. Deel 3 1795-1896* (Red. Boudien de Vries, Stichting Geschiedschrijving Leiden, 2004).
- Lemoine, Georges, *Études sur les équilibres chimiques* (Dunod éditeur, Paris, 1881).
- Lenard, Philipp, *Grosse Naturforscher: eine Geschichte der Naturforschung in Lebensbeschreibungen* (Lehmann's Verlag, München, 1930)
- Lenard, Philipp, *Great Men of Science: A History of Scientific Progress* (G. Bell and Sons, London, 1933).
- Les Prix Nobel 1901* (Imprimerie Royale. P.A. Norstedt & Fils, Stockholm 1904).
- Levensbericht Cornelis Johannes Wijnaendts Francken (1863-1944), *Jaarboek van de Maatschappij der Nederlandse Letterkunde* (1945) p. 61-77.
- Levere, Trevor H., *Affinity and matter. Elements of chemical philosophy 1800-1865* (Clarendon Press, Oxford, 1971) p. 196-211.
- Lichtenauer, W.F., Marten Mees (1828-1917), in: *Biografisch Woordenboek van Nederland* (Huygens ING, Den Haag).
- Lieburg, M.J. van, *Al doende leert men. De Rotterdamse jaren van Gerrit Jan Mulder (1802-1840)* (Erasmus Publishing, Rotterdam, 2006).
- Lindauer, Maurice W., The Evolution of the Concept of Chemical Equilibrium from 1775 to 1923, *Journal of Chemical Education*, 39 (1962) p. 384-390.
- Linton, Derek S., *Emil von Behring: infectious disease, immunology, serum therapy*, Memoirs of the American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting useful knowledge; vol. 255 (American Philosophical Society, Philadelphia, 2005).
- Lintsen, H.W. (red.), *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890. Deel v Techniek, beroep en praktijk* (Walburg Pers, Zutphen, 1994).
- Lioni, D.E., Levensbericht van Dr. H.F.R. Hubrecht. 15 September 1844 – 1 Augustus 1926, *Jaarboek van de Maatschappij der Nederlandsche Letterkunde* (E.J. Brill, Leiden, 1927) p. 86-92.
- Lodge, Oliver, Critical analysis of the 'Récherches sur la conductibilité galvanique des électrolytes' par Svante Arrhenius, *Report of the 56th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Birmingham in September 1886* (John Murray, London, 1887) p. 357-362.
- Lodge, Oliver, Critical analysis of the 'Théorie chimique des électrolytes' par Svante Arrhenius, *Report of the 56th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Birmingham in September 1886* (John Murray, London, 1887) p. 362-384.
- Lorentz, H.A., Over de moleculaire beweging van opgeloste stoffen, *Verslagen en Mede-*

- deelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde Derde reeks*, 6 (1888-1889) p. 337-338.
- Lorentz, H.A., Zur Molekulartheorie verdünnter Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 7 (1891) p. 36-54.
- Lorentz, H.A., Van 't Hoff's vertrek uit Nederland, *Chemisch Weekblad*, 12 (1915) p. 515-516.
- Lossen, Wilhelm, *Offener Brief an Albert Ladenburg und Offene Anfrage an den Vorstand der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte* (Bachem Verlag, Köln, 1903).
- Löwenherz, Richard, Über gesättigte Lösungen von Magnesiumchlorid und Kaliumsulfat oder von Magnesiumsulfat und Kaliumchlorid, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 13 (1894) p. 459-491.
- Loydl, F., Ueber die künstliche Aepfelsäure aus Fumarsäure, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 192 (1878) p. 80-89.
- Lund, E.W., Guldberg and Waage and the Law of Mass Action, *Journal of Chemical Education*, 42 (1965) p. 548-550.
- Lundgren, Anders, Arrhenius om van 't Hoff och Ehrlich. Två brev från Ernst Riesenfeld, *Lychnos: Lärdomshistoriska samfundets årsbok* (1975) p. 85-100.
- Lunteren, F.H. van, Wetenschap voor het vaderland. J.D. van der Waals en de Afdeling Natuurkunde, in: *De Akademie en de Tweede Gouden Eeuw* (onder redactie van K. van Berkel, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 2004) p. 43-106.
- Lunteren, Frans H. van en Hollestelle, Marijn J., Paul Ehrenfest and the Dilemmas of Modernity, *Isis*, 104 (2013) p. 504-536.
- Lunteren, Frans van, Het ontstaan van het systeem van bètadisciplines: de natuurkunde, *Studium*, 6 (2013) p. 91-112.
- MacLean, J., Het voorgeslacht van Jacobus Henricus van 't Hoff, *De Nederlandsche Leeuw*, 77 (1960) p. 142-145.
- MacLean, J., Korte mededelingen, *De Nederlandsche Leeuw*, 78 (1961) p. 98-99.
- Marc, R., Die Arbeiten Van 't Hoff's über die ozeanischen Salzablagerungen, *Die Ernährung der Pflanze. Illustrierte Halbmonatsschrift über die Fortschritte im Ackerbau und landwirtschaftlichen Düngewesen des In- und Auslandes*, 8 (1912) p. 209-213.
- Médard, Louis en Tachoire, Henri, *Histoire de la thermochimie. Prélude à la thermodynamique chimique* (Université de Provence, 1994).
- Mees, W.C., *Man van de daad. Mr. Marten Mees en de opkomst van Rotterdam* (Nijgh & Van Ditmar, Rotterdam, 1946).
- Meijer, E.W., Jacobus Henricus van 't Hoff; Hundred Years of Impact on Stereochemistry in the Netherlands, *Angewandte Chemie International Edition*, 40 (2001) p. 3783-3789.
- Meinel, C., Molecules and Croquet Balls, in: *Displaying the Third Dimension: Models in Science, Technology, and Medicine* (Eds. S.H. de Chadarevian and N. Hopwood, Stanford, California, 2004) p. 242-275.
- Meinel, Christoph, Kugeln und Stäbchen: Vom kulturellen Ursprung chemischer Modelle, in: *Blick in die Wissenschaft*, 18 (2006) p. 10-18.
- Meister, O., Sitzung der chemischen Harmonika vom 2. November 1869, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 2 (1869) p. 619-621.
- Mendeleeev, Dimitri, Über die nach den Veränderungen des spezifischen Gewichtes beurtheilte chemische Association der Schwefelsäure mit Wasser, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 19 (1886) p. 379-389.
- Menschutkin, N., Über den Einfluss der Isomerie der Alkohole und der Säuren auf die Bildung zusammengesetzter Aether. Zweite Abhandlung, *Liebigs Annalen der Chemie*, 197 (1879) p. 193-225.

- Menschutkin, N., Über den Einfluss der Isomerie der Alkohole und der Säuren auf die Bildung zusammengesetzter Aether, *Liebigs Annalen der Chemie*, 195 (1879) p. 334-364.
- Meyer, Lothar, *Grundzüge der theoretischen Chemie* (Breitkopf & Härtel, Leipzig, 1890).
- Meyer, Lothar, Über das Wesen des osmotischen Druckes, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 23-27.
- Meyer, Lothar, Zur Theorie der Lösungen, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie von Wissenschaften*, 48 (1891) p. 993-1009.
- Meyer, Lothar, Über den sogenannten osmotischen Druck, *Annalen der Physik*, 282 (1892) p. 167-168.
- Meyer, Victor, Vorstellungen über die räumliche Lagerung der Atome, *Der Naturforscher. Wochenblatt zur Verbreitung der Fortschritte in den Naturwissenschaften*, ix (9 mei 1876) p. 177-178.
- Meyerhoffer, Wilhelm, Über die gesättigten Lösungen der Verbindungen von Cuprichlorid mit Kaliumchlorid, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 97-132.
- Meyerhoffer, Wilhelm, *Stereochemie* (Franz Deuticke, Leipzig und Wien, 1892).
- Meyerhoffer, Wilhelm, Über reciproke Salzpaare, *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, Abteilung 2b*, 104 (1895) p. 13-28.
- Michaelis, A., Ueber die Verbindungen der Elemente der Stickstoffgruppe mit den Radicalen der aromatischen Reihe. Erste Abhandlung, *Liebig's Annalen der Chemie*, 181 (1876) p. 265-363.
- Mitscherlich, E., *Lehrbuch der Chemie. Die Metalloide* (Ernst Siegfried Mittler, Berlin, 1844).
- Molengraaff, G.A.F., *Geologisch onderwijs aan mijnbouwkundigen* (Boekhandel en drukkerij E.J. Brill, Leiden, 1906).
- Moore, Thomas, *The life of Lord Byron with his letters and journals and illustrative notes* (John Murray, London, 1844).
- Morrell, J.B., The Chemist Breeders: The Research Schools of Liebig and Thomas Thomson, *Ambix*, 19 (1972) p. 1-46.
- Morris, Peter J.T., *The matter factory. A history of the chemistry laboratory* (Reaktion Books, London, 2015).
- Mulder, G.J., *Getuigenis in zake hooger onderwijs* (H.A. Kramers & Zn, Rotterdam, 1876).
- Multhaus, Robert P., *Neptune's Gift. A history of common salt* (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1978).
- Nernst, Walther, Referat, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 4 (1889) p. 590-592.
- Nernst, Walther, *Die Ziele der physikalischen Chemie. Festrede gehalten am 2. Juni 1896 zur Einweihung des Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie der Georg-Augusta zu Göttingen* (Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1896).
- Nernst, Walther, *Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadro'schen Regel und der Thermodynamik* (Stuttgart, Verlag von Ferdinand Enke, Dritte Auflage, 1900).
- Nernst, Walther, Zum Redaktionswechsel bei der Zeitschrift für Elektrochemie, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 7 (1901) p. 389-390.
- Nernst, Walther, Zum 50. Geburtstage der elektrolytischen Dissoziationstheorie von Arrhenius, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 43 (1937) p. 146-148.
- Niedersen, U., Hundert Jahre Zeitschrift für physikalische Chemie. Eine Zeitschrift konsolidiert einen Wissenschaftszweig, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 268 (1987) p. 417-423.
- Nieuwe bijdragen ter bevordering van het onderwijs en de opvoeding voornamelijk met be-*

- trekking tot de lagere scholen in het Koninkrijk der Nederlanden voor den jare 1846 (D. du Mortier en Zoon, Leyden, 1846).
- Norton Wise, M., Forman reformed, again, in: *Weimar Culture and Quantum Mechanics Selected Papers by Paul Forman and Contemporary Perspectives on the Forman Thesis* (Eds. Cathryn Carson, Alexei Kojevnikov and Helmuth Trischler, Imperial College Press, London, and World Scientific Publishing Co., Singapore, 2011) p. 415-431.
- Nye, Mary Jo, Physics and chemistry; commensurate or incommensurate sciences?, in: *The Invention of Physical Science* (M. J. Nye et al. (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1992) p. 205-224.
- Nye, Mary Jo, *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry: Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines 1800-1950* (University of California Press, Berkeley, 1994).
- Nye, Mary Jo, Scientific Biography: History of Science by Another Means?, *Isis*, 97 (2006) p. 322-329.
- Ochsenius, C., Ueber die Salzbildung der Egelnschen Mulde, *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, 28 (1876) p. 654-666.
- Odhner, C.T., Toespraak bij de uitreiking van de Nobelprijs voor Chemie, 10 december 1901, in: *Les Prix Nobel 1901* (Imprimerie Royale. P.A. Norstedt & Fils, Stockholm, 1904) p. 45.
- Offringa, C., *Van Gildestein naar Uithof. 150 jaar diergeneeskunde in Utrecht. Deel 1. 's Rijksveeartsenijschool (1821-1918), Veeartsenijkundige Hooogeschool (1918-1925)* (Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht, 1971).
- Olivier, Louis, La médaille Davy et la loi des rotations, *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées*, 4 (1893) p. 717.
- Oosterwijk, Bram, *Ik verlang geen dank – Lodewijk Pincoffs (1827-1911)* (Douane, 2011).
- Oppenheimer, H.R., Hugo de Vries als Pflanzenphysiologe, *The Palestine Journal of Botany and Horticultural Science*, 1 (1935) p. 54.
- Ostwald, Wilh., Studien zur chemischen Dynamik. Erste Abhandlung: Die Einwirkung der Säuren auf Acetamid, *Journal für praktische Chemie*, 27 (1883) p. 1-39.
- Ostwald, Wilh., Studien zur chemischen Dynamik. Zweite Abhandlung: Die Einwirkung der Säuren auf Methylacetat, *Journal für praktische Chemie*, 28 (1883) p. 449-495.
- Ostwald, Wilhelm, Notiz über das elektrische Leistungsvermögen der Säuren, *Journal für praktische Chemie*, 30 (1884) p. 93-95.
- Ostwald, W., Elektrochemische Studien I Die elektrische Leitungsfähigkeit der Säuren, *Journal für praktische Chemie*, 30 (1884) p. 225-237.
- Ostwald, W., Elektrochemische Studien II Das Verdünnungsgesetz, *Journal für praktische Chemie*, 31 (1885) p. 433-462.
- Ostwald, W., Elektrochemische Studien III Über den Einfluss der Zusammensetzung und Constitution der Säuren auf ihre elektrische Leitfähigkeit, *Journal für praktische Chemie*, 32 (1885) p. 300-374.
- Ostwald, W., Elektrochemische Studien IV Die elektrische Leitfähigkeit der Basen, *Journal für praktische Chemie*, 33 (1885) p. 352-370.
- Ostwald, Wilhelm, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Erster Band: Stöchiometrie* (Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1885).
- Ostwald, Wilhelm, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Zweiter Band: Chemische Energie und Verwandtschaftslehre* (Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1887).
- Ostwald, Wilhelm, An die Leser, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 1-4.
- Ostwald, W., Elektrochemische Studien V Über das Gesetz von F. Kohlrausch, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 74-86 en p. 97-109.

- Ostwald, W., Zur Theorie der Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 36-37.
- Ostwald, W., Bemerkungen zu dem vorstehenden Aufsatz, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 243-244.
- Ostwald, W., Über die Dissociationstheorie der Elektrolyte, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 270-283.
- Ostwald, W., Letter to Dr. Ramsay, *The Electrician*, March 1, 1889, p. 493-494.
- Ostwald, Wilhelm en Nernst, Walther, Über freie Ionen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 3 (1889) p. 120-130.
- Ostwald, Wilhelm, Verhandlungen über die Theorie der Lösungen. Aus dem Bericht über die Versammlung der British Association for the Advancement of Science vom September 1890 zu Leeds, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 7 (1891) p. 378-426.
- Ostwald, Wilhelm, *Elektrochemie. Ihre Geschichte und Lehre* (Verlag Von Veit & Co., Leipzig, 1896).
- Ostwald, Wilhelm, Jacobus Henricus van 't Hoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 31 (1899) p. v-xviii.
- Ostwald, W., Bunsen Gesellschaft?, *Zeitschrift für Elektrochemie*, 8 (1902) p. 154-155.
- Ostwald, Wilhelm, Die Aufgaben der physikalischen Chemie, in: *Abhandlungen und Vorträge allgemeinen Inhalts* (Verlag Von Veit & Comp., Leipzig, 1904) p. 3-12.
- Ostwald, Wilhelm, Elements and compounds, *Journal of the Chemical Society. Transactions*, 85 (1904) p. 506-522.
- Ostwald, Wilhelm, Chemische Weltliteratur, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 76 (1911) p. 1-20.
- Ostwald, Wilhelm, Jacobus Henricus van 't Hoff, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 44 (1911) p. 2219-2252.
- Ostwald, Wilhelm, Zur Geschichte der Zeitschrift für physikalische Chemie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 100 (1922) p. 1-8.
- Ostwald, Wilhelm, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Erster Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1926).
- Ostwald, Wilhelm, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Zweiter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927).
- Ostwald, Wilhelm, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Dritter Theil* (Klasing & Co., Berlin, 1927).
- Otterspeer, W., De studententijd van Co Modderman, *Jaarboekje voor geschiedenis en oudheidkunde van Leiden en omstreken*, 78 (1986) p. 102-133.
- Otterspeer, Willem, *De wiekslag van hun geest: de Leidse universiteit in de negentiende eeuw* (Stichting Hollandse Historische Reeks, 's-Gravenhage, 1992).
- Otterspeer, Willem, *Groepsportret met dame. De werken van den wetenschap. De Leidse Universiteit 1776-1876* (Bert Bakker, Amsterdam, 2005).
- Oudemans, A.C., EXTRAITS. Études de dynamique chimique. Par M. J.H. van 't Hoff, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays Bas*, 3 (1884) p. 333-335.
- Pais, Abraham, *Subtle is the Lord... The Science and the Life of Albert Einstein* (Oxford University Press, Oxford, 1982).
- Paolini, Leonello, The influence of Le Bel's theory in the 1875 development of the van 't Hoff theory, *Journal of Chemical Education*, 68 (1991) p. 797-798.
- Pasteur, L., Mémoire sur les acides aspartique et malique, *Annales de Chimie en de Physique*, III 34 (1852) p. 30-64.
- Pasteur, L., Untersuchungen über Asparaginsäure und Aepfelsäure, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*, 82 (1852) p. 324-335.

- Pasteur, L., Lettre adressée aux rédacteurs, *Annales de Chimie et de Physique*, III 61 (1861) p. 484-488.
- Pasteur, L., Recherches sur la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels, in: *Œuvres de Pasteur, réunies par Pasteur Vallery-Radot, Tome premier: Dissymétrie moléculaire* (Masson et Cie., Paris, 1885) p. 314-344.
- Pekelharing, C.A., Laudatio bij gelegenheid van de promotie van Professor J.H. van 't Hoff, *Jaarboek der Rijks-Universiteit te Utrecht 1904-1905*, p. 29-36.
- Personalia, Overlijden van H.J. van 't Hoff, *Chemisch Weekblad*, 36 (1939) p. 555-556.
- Petrieff, W., Ueber die Aethylcrotonsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 1098-1101.
- Pfaundler, Leopold, Beiträge zur chemischen Statik, *Annalen der Physik und Chemie*, 131 (1867) p. 55-85.
- Pfeffer, Wilhelm, *Osmotische Untersuchungen. Studien zur Zellmechanik* (Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1877).
- Pickering, Spencer Umfreville, The nature of solutions, as elucidated by the freezing points of sulphuric acid solutions, *Journal of the Chemical Society*, 57 (1890) p. 331-369.
- Plaats, J.D. van der, J.H. van 't Hoff 30 augustus 1852-1 maart 1911, *Veterinair Studenten Maandblad* (Utrecht, April 1911) p. 1-13.
- Planck, Max, Über die molekulare Konstitution verdünnter Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 577-582.
- Planck, Max, Ueber das Princip der Vermehrung der Entropie. Erste Abhandlung, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 30 (1887) p. 562-582.
- Planck, Max, Ueber das Princip der Vermehrung der Entropie. Zweite Abhandlung, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 31 (1887) p. 189-203.
- Planck, Max, Ueber das Princip der Vermehrung der Entropie. Dritte Abhandlung, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 32 (1887) p. 462-503.
- Planck, Max, Über die Hypothese der Dissociation der Salze in sehr verdünnten Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 343.
- Planck, Max, Das chemische Gleichgewicht in verdünnten Lösungen, *Wiedemann's Annalen der Physik*, 34 (1888) p. 139-154.
- Planck, Max, Über den osmotischen Druck, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 6 (1890) p. 187-188.
- Planck, Max, Allgemeines zur neueren Entwicklung der Wärmetheorie, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 8 (1891) p. 647-656.
- Planck, Max, Persönliche Erinnerungen aus alten Zeiten, *Die Naturwissenschaften*, 33 (1946) p. 230-235.
- Planck, Max, *Vorträge Reden Erinnerungen. Wissenschaftliche Selbstbiographie* (Herausgegeben von Hans Roos und Armin Hermann, Springer Verlag, Berlin, 2001).
- Popper, Karl, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge* (Routledge Classics, Volume 17, 1963).
- Precht, H. und Wittgen, B., Löslichkeit von Salzgemischen der Salze der Alkalien und alkalischen Erden bei verschiedener Temperatur, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 15 (1882) p. 1666-1672.
- Precht, Heinrich, Zur Erinnerung an Van 't Hoff, *Kali. Zeitschrift für Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze*, 5 (1911) p. 113-118.
- Proost, W.F., *De splitting van het dihydro-ortho-phtaalzuur* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 4 November 1895).
- Przibylla, C., Heinrich Precht zum 70. Geburtstag, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 35 (1922) p. 401-436.

- Pupin, M., *Der osmotische Druck und seine Beziehung zur freien Energie* (Inaugural Dissertation, Buchdruckerei von Gustav Schade, Berlin 1889).
- Ramberg, Peter J. and Somsen, Geert J., The young Van 't Hoff: The Background to the Publication of his 1874 Pamphlet on the Tetrahedral Carbon Atom, Together with a New English Translation, *Annals of Science*, 58 (2001) p. 51-74.
- Ramberg, Peter J., *Chemical Structure, Spatial Arrangement. The Early History of Stereochemistry 1874-1914* (Ashgate Publishing Company, 2003).
- Ramsay, O. Bertrand (ed.), *Van 't Hoff-Le Bel Centennial* (ACS Symposium Series, Washington DC, 1975).
- Ramsay, O. Bertrand, *Stereochemistry* (Heyden & Son Ltd., London, 1981).
- Ramsay, William B., *A system of inorganic chemistry* (J. & A. Churchill, London, 1891).
- Ramsay, William, The Passage of Hydrogen through a Palladium Septum, and the Pressure which it produces, *Philosophical Magazine*, 38 (1894) p. 206-218.
- Raoult, F.-M., Loi générale de congélation des dissolvants, *Comptes rendus*, 95 (1882) p. 1030-1033.
- Rayleigh, Lord, The theory of solutions, *Nature*, 55 (1897) p. 253-254.
- Regt, J.W., *Geschied- en Aardrijkskundige beschrijving van den Zwijndrechtschen Waard, den Riederwaard en het land van Putten over de Maas* (J. Boden, Zwijndrecht, 1848).
- Reicher, L.Th., *De temperatuur der allotropische verandering van de zwavel en haar afhankelijkheid van den druk* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 13 juli 1883).
- Reicher, L.Th., Über die Geschwindigkeit der Verseifung, *Liebigs Annalen*, 238 (1887) p. 276-286.
- Report of the 60th meeting of the British Association for the Advancement of Science held in Leeds in September 1890* (John Murray, London, 1891) p. 323-325.
- Rice, Richard E., Henry Armstrong on the Offensive: Association as an Alternative to Dissociation, *Ambix*, 51 (2004) p. 5-21.
- Riesenfeld, Ernst, *Svante Arrhenius* (Akademische Verlagsgesellschaft B.M.H., Leipzig, 1931).
- Rijn van Alkemade, A.C. van, Toepassingen der theorie van Gibbs op evenwichtstoestanden van zoutoplossingen met vaste fasen, *Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, afdeling Natuurkunde, eerste sectie*, 1 (1893) p. 1-65.
- Rijn van Alkemade, A.C. van, Graphische Behandlung einiger thermodynamischen Probleme über Gleichgewichtszustände von Salzlösungen mit festen Phasen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 11 (1893) p. 289-327.
- Rive, A. de la, Recherches sur la polarisation rotatoire et l'état moléculaire, *Annales de Chimie et de Physique*, IV 15 (1868) p. 57-70 en IV 22 (1871) p. 5-48.
- Rocke, Alan J., *Chemical Atomism in the Nineteenth Century: From Dalton to Cannizzaro* (Ohio State University Press, Columbus, 1984).
- Rocke, A.J., Kolbe versus the Transcendental Chemists: The Emergence of Classical Organic Chemistry, *Ambix*, 34 (1987) p. 156-168.
- Rocke, Alan J., *The Quiet Revolution. Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry* (University of California press, Berkeley, 1993).
- Rocke, Alan J., *Nationalizing Science: Adolphe Wurtz and the Battle for French Chemistry* (MIT Press, Cambridge and London, 2001).
- Rocke, Alan J., *Image and Reality. Kekulé, Kopp and the Scientific Imagination* (University of Chicago press, Chicago, 2010).
- Rocke, Alan, What did 'theory' mean to nineteenth-century chemists?, *Foundations of Chemistry*, 15 (2013) p. 145-156.

- Rodger, J.W. The electric conductivity of pure water, *Nature*, 51 (1894) p. 42-43.
- Roelofs Heyrmans, H.H.R., *Gedenkschrift van de Koninklijke Akademie en van de Polytechnische School, 1842-1905* (Delft, 1906).
- Romeny, J., *Over methyleenmethyamine* (Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 15 juni 1878).
- Root-Bernstein, Robert Scott, *The Ionists: founding physical chemistry 1872-1890* (Dissertation Princeton University, 1980).
- Rosenstiehl, M.A., Sur la nature de la force motrice qui produit les phénomènes d'endosmose, *Comptes Rendus*, 70 (1870) p. 617-620.
- Royer, Clémence, ingezonden brief in *Le Siècle*, 14 december 1901.
- Rudolphi, Max, Über die Gültigkeit der Ostwaldschen Formel zur Berechnung der Affinitätskonstanten, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 17 (1895) p. 385-426.
- Saarloos, Léjon, Virtues of Courage and Virtues of Restraint: Tyndall, Tait and the Use of the Imagination, in: *Late Victorian Science*, in: *Epistemic Virtues in the Sciences and the Humanities, Boston Studies in the Philosophy and History of Science* 321 (J. van Dongen, H. Paul (eds.), Springer International Publishing AG, 2017).
- Sabalitschka, Th., J. van 't Hoff, Gast des Thoms'schen Pharmazeutischen Instituts der Universität Berlin, *Pharmazeutische Zeitung*, 90 (1954) p. 304-305.
- Santos e Silva, J. de, Ueber die Brom-camphocarbonsäure, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 6 (1873) p. 1092-1093.
- Sarton, George, Review of Ernst Cohen-Jacobus Henricus van 't Hoff. *Sein Leben und Wirken*, *Isis*, 1 (1913) p. 276-278.
- Schelar, Virginia M., Thermochemistry and the third law of thermodynamics, *Chymia*, 11 (1966) p. 99-124.
- Schmithals, Friedemann, Die erste Berufung für physikalische Chemie: Ein Unterfangen von höchster wissenschaftlicher Bedeutung, *Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin*, 3 (1995) p. 227-254.
- Schneider, Richard, Eine Hauptrolle für die Chemie: Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, *Nachrichten aus der Chemie*, 39 (2011) p. 840-843.
- Schneiders, P., *De bibliotheek- en documentatiebeweging 1880-1914: bibliografische ondernemingen rond 1900* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 20 april 1982).
- Scholz, H., Friedrich Althoffs Einfluß auf die Entwicklung der Chemie in Deutschland, in: *Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftspolitik im Industriezeitalter. Das 'System Althoff' in historischer Perspektive* (B. vom Brocke (ed.), Lax Verlag, Hildesheim, 1991) p. 337-354.
- Schrijvers, Piet, *Horatius. Verzamelde gedichten* (Historische Uitgeverij, Groningen, 2003).
- Schwab, L.C., *Bijdrage tot de kennis der estervorming* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 3 maart 1883).
- Servos, John W., *Physical Chemistry from Ostwald to Pauling. The making of a Science in America* (Princeton University Press, Princeton, 1990).
- Shortland, Michael and Yeo, Richard, Introduction, in: *Telling Lives in Science: Essays on Scientific Biography* (Michael Shortland and Richard Yeo (eds.), Cambridge University Press, New York, 1996) p. 1-44.
- Snelders, H.A.M., Het materiebegrip bij Buys Ballot, *Scientiarum Historia*, 10 (1968) p. 154-172.
- Snelders, H.A.M., De reactie van Buys Ballot op Van 't Hoff's 'Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuur-formules in de ruimte', *Scientiarum Historia*, 15 (1973) p. 27-37.

- Snelders, H.A.M., The birth of stereochemistry. An analysis of the 1874-papers of Van 't Hoff and Le Bel, *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 60 (1973) p. 261-278.
- Snelders, H.A.M., The reception of Van 't Hoff's theory of the asymmetric carbon atom, *Journal of Chemical Education*, 51 (1974) p. 2-7.
- Snelders, H.A.M., Practical and theoretical objections to J.H. van 't Hoff's stereochemical ideas, in: *Van 't Hoff-Le Bel Centennial* (O. Bertrand Ramsay, Washington DC, 1975) p. 55-65.
- Snelders, H.A.M., J.A. Le Bel's stereochemical ideas compared with those of J.H. van 't Hoff (1874), in: *Van 't Hoff-Le Bel Centennial* (O. Bertrand Ramsay, Washington DC, 1975) p. 66-73.
- Snelders, H.A.M., Van 't Hoff, J.H., in: *Dictionary of Scientific Biography Vol.13* (Ed. Charles C. Gillispie, Charles Scribner's Sons, New York, 1976) p. 575-581.
- Snelders, H.A.M., Dissociation, Darwinism and entropy. A case study from the history of physical chemistry, *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 64 (1977) p. 51-75.
- Snelders, H.A.M., De scheikunde en natuurkunde aan de Utrechtse universiteit in de 19e eeuw, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 7 (1984) p. 32-48.
- Snelders, H.A.M., J.H. van 't Hoff's research school in Amsterdam (1877-1895), *Janus. Revue internationale de l'histoire des sciences, de la médecine, de la pharmacie et de la technique*, 71 (1984) p. 1-30.
- Snelders, H.A.M., J.H. van 't Hoff's theorie van de vaste oplossingen (1890), *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 8 (1985) p. 49-57.
- Snelders, H.A.M., The historical background of Debye and Hückel's theory of strong electrolytes, *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series B*, 89 (1986) p. 79-94.
- Snelders, H.A.M., J.H. van 't Hoff en de fasenleer, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 9 (1986) p. 10-24.
- Snelders, H.A.M., J.H. van 't Hoff's theorie van de verdunde oplossingen (1887), *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek*, 10 (1987) p. 2-19.
- Snelders, H.A.M., Jacobus Henricus van 't Hoff's (1852-1911) Untersuchungen über die Stassfurter Salzablagerungen im Zeitraum von 1896 bis 1908, in: *Montanmedizin und Bergbauwissenschaften* (Eds. W. Kaiser & A. Völker, Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 1987/23 (T 63)) p. 209-220.
- Snelders, H.A.M., Jacobus H. van 't Hoff 1852-1911, in: *Van Stevin tot Lorentz. Portretten van achttien Nederlandse natuurwetenschappers* (A.J. Kox (ed.), Bert Bakker, Amsterdam, 1990) p. 199-208.
- Snelders, H.A.M., Das physikalisch-chemische Forschungsprogramm in den Niederlanden: J.H. van 't Hoff (1852-1911) und H.W. Bakhuis Roozeboom (1854-1907) und ihre Schüler, *Alma Mater Jenensis. Studien zur Hochschule- und Wissenschaftsgeschichte*, 7 (1991) p. 74-83.
- Snelders, H.A.M., De tweede Gouden Eeuw van de Nederlandse natuurwetenschap, in: *Eeuwende 1900: Natuur- en menswetenschappen* (Eds. A. Klukhuhn en S. Haakma, Studium Generale ru Utrecht, 1993) p. 13-26.
- Snelders, H.A.M., *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1993).

- Snelders, H.A.M., *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 2. De ontwikkeling van chemie en chemische technologie in de eerste helft van de twintigste eeuw* (Delftse Universitaire Pers, Delft, 1997).
- Snelleman, Joh. F., De Rotterdamsche HBS als kindje, *Nieuwe Rotterdamsche Courant*, 9 oktober 1915.
- Snyder, Charles D., Der Temperaturkoeffizient der Geschwindigkeit der Nervenleitung, *Archiv für Physiologie, Physiologische Abteilung des Archives für Anatomie und Physiologie* (1907) p. 113-117.
- Snyder, Charles D., Der Temperaturkoeffizient der Frequenz des überlebenden Sinus des Froschherzens bei extremen Temperaturen und bei zunehmendem Alter des Präparates, *Archiv für Physiologie, Physiologische Abteilung des Archives für Anatomie und Physiologie* (1907) p. 118-125.
- Snyder, Charles D., Der Temperaturkoeffizient für die Rhythmik der Bewegungen glatter Muskeln, *Archiv für Physiologie, Physiologische Abteilung des Archives für Anatomie und Physiologie* (1907) p. 126-128.
- Söderqvist, Thomas, Existential projects and existential choice in science: science biography as an edifying genre, in: *Telling Lives in Science: Essays on Scientific Biography* (Michael Shortland and Richard Yeo (eds.), Cambridge University Press, New York, 1996) p. 45-84.
- Söderqvist, Thomas, The delicate relations between scientific biography and the historiography of science, in: *The History and Poetics of Scientific Biography* (Thomas Söderqvist (ed.), Ashgate Publishing, Aldershot, 2007) p. 241-262.
- Söderqvist, Thomas, The Seven Sisters: Subgenres of *Bioi* of Contemporary Life Scientists, *Journal of the History of Biology*, 44 (2011) p. 633-650.
- Sollied, P.R., Jacobus Henricus van 't Hoff 1852-1911, *Naturen. Illustrert Maanedsskrift for populær naturvidenskap* (mei 1911) p. 153-158.
- Somsen, Geert Jan, 'Wetenschappelijk Onderzoek en Algemeen Belang'. *De chemie van H.R. Kruyt (1882-1959)* (Delft University Press, Delft, 1998).
- Somsen, Geert, A History of Universalism: Conceptions of the Internationality of Science from the Enlightenment to the Cold War, *Minerva*, 46 (2008) p. 361-379.
- Spek, Trienke van der, Selling a theory: The role of molecular models in Van 't Hoff's stereochemistry theory, *Annals of Science*, 63 (2006) p. 157-177.
- Spring, Walther en Hoff, J.H. van 't, Über einen Fall durch Druck bewirkter chemischer Zersetzung, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1 (1887) p. 227-230.
- Stadt, H.J. van de, *De oxydatie van Phosphorwaterstof en het Metaphosphorigzuur* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 10 mei 1893).
- Stadt, H.J. van de, Die Oxydationsgeschwindigkeit bei Phosphorwasserstoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 12 (1893) p. 322-332.
- Stokvis, B.J., *Handelingen van het Eerste Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Amsterdam op 30 september en 1 oktober 1887* (Bohn, Haarlem, 1888).
- Stoltzenberg, Dietrich, Fritz Haber und das Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, in: *Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Studien zu ihrer Geschichte*: Brocke, Bernhard vom und Laitko, Hubert, *Das Harnack-Prinzip* (Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1996) p. 263-274.
- Stradiņš, Jānis, Wilhelm Ostwalds Rīgaer Jahre und die Entstehung der klassischen physikalischen Chemie, *Acta medico-historica Rigensia*, III (1997) p. 55-70.
- Streicher, Jean-Claude, *Joseph Achille Le Bel. Pechelbronn et la chimie 3D* (Jérôme Do Bentzinger Éditeur, 2015).
- Suikerwet van 20 juli 1884 (Staatsblad No. 147).

- Tageblatt der 57. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Magdeburg*, 3 (1884) p. 83-84 en 5 (1884) p. 303.
- Tait, Peter, Imagination in science, *Nature*, 3 (1871) p. 395.
- Tendeloo, N.Ph., In Memoriam Theodorus Hendrik MacGillavry, *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 65 (1921) p. 2776-2778.
- Terrall, Mary, Biography as Cultural History of Science, *Isis*, 97 (2006) p. 306-313.
- The Dalton centenary. Degree ceremony at the Owens College, *The Manchester Guardian*, 21 mei 1903.
- Thomsen, Julius, Die Grundzüge eines thermochemischen Systems. v. Über die Affinität mit besonderer Rücksicht auf die chemischen Zersetzungen, *Annalen der Physik und Chemie*, 92 (1854) p. 34-57.
- Thomsen, Julius, Thermochemische Untersuchungen, *Annalen der Physik*, 138 (1869) I. Über die Berthollet'sche Affinitätstheorie, p. 65-102, II. Ueber die Wasserstoffsäuren des Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan, p. 201-213 en III. Ueber die Säuren des Schwefels und Selens, p. 497-514.
- Thomsen, Julius, *Thermochemische Untersuchungen. Band I-IV* (Barth Verlag, Leipzig, 1882-1886).
- Tilden, William, *Sir William Ramsay. Memorials of his life and work* (McMillan and Co. Ltd., London, 1918).
- Toon, Adam, Playing with molecules, *Studies in History and Philosophy of Science*, 42 (2011) p. 580-589.
- Toon, Adam, *Models as Make-Believe: Imagination, Fiction and Scientific Representation* (Palgrave Macmillan UK, 2012) p. 84-143.
- Traube, Isidor, *Lebenserinnerungen*, Edinburgh University Library Special Collections (GB 237 Coll-807).
- Travers, Morris W., *A life of Sir William Ramsay* (Edward Arnold Publishers, London, 1956).
- Tyndall, John, Scientific use of the imagination, *Scientific American*, 12 november 1870, Vol. XXIII, No. 20 p. 304-305 en *Scientific American*, 26 november 1870, Vol. XXIII, No. 22 p. 336-337.
- Uhlenbeck, G.E. en Goudsmit, S., Ersetzung der Hypothese vom unmechanischen Zwang durch eine Forderung bezüglich des inneren Verhaltens jedes einzelnen Elektrons, *Die Naturwissenschaften*, 13 (1925) p. 953-954.
- Uhlenbeck, George E., Fifty years of spin. Personal reminiscences, *Physics Today*, June 1976, p. 43-48.
- Urech, F., Ueber den Einfluss von Temperatur und Concentration der Salzsäure auf die Inversionsgeschwindigkeit der Saccharose, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 17 (1884) p. 2165-2178.
- Usiglio, M.J., Études sur la composition de l'eau de la Méditerranée et sur l'exploitation des sels qu'elle contient, *Annales de Chimie et de Physique*, III 27 (1849) p. 172-191.
- Veen, Frederik R. van, *Gustaaf Molengraaff (1860-1942). Een avontuurlijk geleerde* (Delft University Press, Delft, 2004).
- Ven, G.P. van de, *De Nieuwe Waterweg en het Noordzeekanaal. Een waagstuk* (Onderzoek in opdracht van de Deltacommissie, 2008).
- Verbong, G.P.J., Delfse ingenieurs tussen wetenschap en industrie (1875-1900), *Gewina*, 16 (1993) p. 248-260.
- Verbong, G.P.J., Ingenieurs en het technisch onderwijs 1863-1890, in: H.W. Lintsen (red.),

- Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890. Deel v Techniek, beroep en praktijk* (Walburg Pers, Zutphen, 1994) p. 128-131.
- Verslag van den Staat der Hooge-, Middelbare en Lagere Scholen in het Koninkrijk [sic] der Nederlanden, 1865-1866.*
- Verslag van den Staat der Hooge-, Middelbare en Lagere Scholen in het Koninkrijk [sic] der Nederlanden, 1866-1867.*
- Visser, R.P.W., Het 'Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres' over de relatie natuurwetenschap en samenleving, 1887-1900, in: *De productie, distributie en consumptie van cultuur* (J.J. Kloek en W.W. Mijnhardt ed., Amsterdam, 1991).
- Vledder, Ingrid, Houwaart, Eddy en Homburg, Ernst, Particuliere laboratoria in Nederland. Deel 1: Opkomst en bloei, 1865-1914, *Neha-Jaarboek voor Economische, Bedrijfs- en Techniekgeschiedenis*, 62 (1999) p. 249-290.
- Vriens, J.G.C., *De dampspanning van koperkaliumchloried en zijn oplossingen* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 1 December 1890).
- Vries, Hugo de, *Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung* (Leipzig, 1877).
- Vries, Hugo de, Over de aantrekking van opgeloste stoffen tot water in verdunde oplossingen, *Processen-verbaal van de Gewone Vergaderingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, afdeling Natuurkunde*, 10 (1883-1884) p. 3-4.
- Vries, Hugo de, Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft, *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, 14 (1884) p. 427-601.
- Vrolik, A., Levensbericht A.H. van der Boon Mesch, *Jaarboek van de Maatschappij der Nederlandsche Letterkunde* (1876) p. 3-34.
- Waals, J.D. van der, Molekulartheorie eines Körpers, der aus zwei verschiedenen Stoffen besteht, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 5 (1890) p. 133-173.
- Waals, J.D. van der, Théorie moléculaire d'une substance composée de deux matières différentes, *Archives Néerlandaises*, 24 (1891) p. 1-56.
- Waals, J.D. van der, *Nobel- Vortrag* (1910) p. 1-21.
- Wagenbreth, Otfried, *Geschichte der Geologie in Deutschland* (Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 1999).
- Wagener, W.A., *Een eeuw binnen met de bel. De geschiedenis van de eerste HBS met vijfjarige cursus in Rotterdam* (Nijgh en Van Ditmar, 's-Gravenhage/Rotterdam, 1965).
- Wald, George, Origin of the theory of solutions, *Science*, 217 (1982) p. 1084.
- Wald, George, How the theory of solutions arose, *Journal of Chemical Education*, 63 (1986) p. 658-659.
- Walden, Paul, Fünfundzwanzig Jahre stereochemischer Forschung, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 15 (1900) p. 145-148, p. 157-160, p. 169-173, p. 185-188, p. 197-199.
- Walden, P., *Die Lösungstheorien in ihrer geschichtlichen Aufeinanderfolge* (Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1910).
- Walker, James, Van 't Hoff Memorial Lecture, *Transactions of the Chemical Society*, 103 (1913) p. 1127-1143.
- Weiss, Martin, Hoe Haarlem bijna München dwarsboomde. Van 't Hoff's lezing over Teylers Museum bij het Deutsches Museum in 1905, in: *Dingen die ergens toe dienen, Verhalen over materiële cultuur van wetenschap* (Verloren, Hilversum, 2017) p. 182-185.
- Westfall, Richard S., *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton* (Cambridge University Press, 1981).

- Wet op de Nieuwe Waterweg en het Noordzeekanaal van 24 januari 1863.
- Wet van 2 Mei 1863 (Staatsblad No. 50), houdende regeling van het Middelbaar Onderwijs.
- Weyer, Jost, A hundred years of stereochemistry – The principal development phases in retrospect, *Angewandte Chemie International Edition*, 13 (1974) p. 591-598.
- Weyer, Jost, Die Aufnahme der Van 't Hoff'schen Hypothese vom asymmetrischen Kohlenstoffatom (1874) in Deutschland, in: *Medizin, Naturwissenschaft, Technik und das Zweite Kaiserreich. Vorträge eines Kongresses vom 6. bis 11. Sept. 1974 in Bad Nauheim* (G. Mann und R. Winau, Göttingen, 1977) p. 311-320.
- Whewell, William, *History of the inductive sciences from the earliest to the present time* (New revised edition, John W. Parker, London, 1847).
- White, Andrew Dickson, *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom* (McMillan and Company, London, 1896).
- Wiedemann, E., Über die Hypothese der Dissociation der Salze in sehr verdünnten Lösungen, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 2 (1888) p. 241-242.
- Wiersum, E., Uit de jeugd van J.H. van 't Hoff, *Rotterdamsch Jaarboekje* (1912) p. 1-6.
- Wijs, J.J.A., *De elektrolitische dissociatie van water* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 25 november 1893).
- Wijs, J.J.A., Die Dissociation des Wassers, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 11 (1893) p. 492-494.
- Wijs, J.J.A., Die Dissociation des Wassers (Zweite Mitteilung), *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 12 (1893) p. 514-523.
- Wijs, J.J.A., Referat über 'Die elektrolitische Dissociation des Wassers', *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 14 (1894) p. 189-190.
- Wilde, Inge de, *Nieuwe deelgenoten in de wetenschap. Vrouwelijke studenten en docenten aan de Rijksuniversiteit Groningen 1871-1919* (Van Gorcum, Assen, 1998).
- Wilhelm, F.A., *English in the Netherlands. A history of foreign language teaching 1800-1920* (Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen, 2005) p. 200-202.
- Willink, Bastiaan, *De Tweede Gouden Eeuw. Nederland en de Nobelprijzen voor natuurwetenschappen 1870-1940* (Bert Bakker, Amsterdam, 1998).
- Wislicenus, Johannes, Studien zur Geschichte der Milchsäure und ihrer Homologen, *Annalen der Chemie*, 128 (1863) p. 1-67.
- Wislicenus, Johannes, Ueber die isomeren Milchsäuren, *Annalen der Chemie*, 166 (1873) p. 3-64.
- Wislicenus, Johannes, Ueber die isomeren Milchsäuren. Zweite Abhandlung. Ueber die optisch-active Milchsäure der Fleischflüssigkeit, die Paramilchsäure, *Annalen der Chemie*, 167 (1873) p. 302-346.
- Wislicenus, Johannes, Ueber die Ethylenmilchsäuren, *Annalen der Chemie*, 167 (1873) p. 346-356.
- Woelderink, B., De cholera-epidemie van 1866, *Rotterdams Jaarboekje* (1966) p. 302-318.
- Wolfenden, John, The anomaly of strong electrolytes, *Ambix*, 19 (1972) p. 175-196.
- Wolz, Ralf, *Eine über 300-jährige Geschichte der Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften vormals Preussische Akademie der Wissenschaften* (Eds. Gisela Lerch, Dr. Annette Schaeffgen und Stefan Aue, Berlin, 2009).
- Yearbook of the Carnegie Institution of Washington*, Volume 1 (1902) (published by the Institution, Washington D.C., 1903).
- Zevenhuizen, E.J.A., *Vast in het spoor van Darwin. Biografie van Hugo de Vries* (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 2008).

- Zott, Regine, *Wilhelm Ostwald und Paul Walden in ihren Briefen* (ERS-Verlag, Berlin, 1994).
- Zott, Regine, *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst in ihren Briefen sowie in denen einiger Zeitgenossen* (Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 1996).
- Zott, Regine, *Fritz Haber in seiner Korrespondenz mit Wilhelm Ostwald sowie in Briefen an Svante Arrhenius* (ERS-Verlag, Berlin, 1997).
- Zott, Regine, Ein Niederländer in Berlin. Jacobus Henricus van 't Hoff zum 150. Geburtstag, *Dahlemer Archivgespräche*, 8 (2002) p. 37-56.
- Zott, Regine, Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Werdegang und sein Weg nach Berlin, in: *Mitteilungen der Fachgruppe Geschichte der Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker*, Nr. 16 (Frankfurt am Main 2002) p. 47-74.
- Zott, Regine, Jacobus Henricus van 't Hoff in Briefen an Svante Arrhenius, in: *Aus Wissenschaftsgeschichte und -theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag überreicht von Freunden, Kollegen und Schülern* (Herausgegeben von Horst Kant und Annette Vogt, Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin, 2005) p. 239-256.
- Zott, Regine, Friedrich Theodor Althoffs Beziehungen zur Chemie, *Chemie unserer Zeit*, 42 (2008) p. 322-328.
- Zott, Regine, Anmerkungen zur Integration von Natur- und Geisteswissenschaften im 19. Jahrhundert mit Hinweisen auf Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911), in: *Universitäten und Akademien. Beiträge der Tagung vom 19. und 20. Juni 2009 an der Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt* (Herausgegeben von Ingrid Kästner und Jürgen Kiefer, Shaker Verlag, Aachen, 2010) p. 251-264.

Illustratieverantwoording

De foto's en illustraties op het omslag en op de pagina's 22, 30, 83, 87, 89, 91, 99, 104, 118, 136, 147, 163, 193, 225, 274, 276, 299, 339, 366, 373, 379 en 423 zijn afkomstig uit het Archief van het Rijksmuseum Boerhaave in Leiden.

De foto's en illustraties op de pagina's 46, 49, 175, 249, 357, 369, 376, 380 en 397 zijn afkomstig uit de Special Collections van de Milton S. Eisenhower Library van de Johns Hopkins University in Baltimore.

De foto's en illustraties op de pagina's 24, 211, 298, 322, 400, 429, 435, 443, 449 en 452 zijn afkomstig uit het Van 't Hoff Huisarchief.

Pagina 38	Stadsarchief Delft
Pagina 49	Foto: Dirk van der Meer
Pagina 74	Museum voor de Geschiedenis van de Wetenschappen, Gent
Pagina 93	Science Source
Pagina 184	Grenna Museum, Gränna, Sweden
Pagina 195	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort
Pagina 206	Tekniska Museets Stockholm (Fotograf Okänd)
Pagina 220	Teylers Museum, Haarlem
Pagina 229	Groninger Archieven
Pagina 239	Collectie Stadsarchief Amsterdam
Pagina 241	Collectie Stadsarchief Amsterdam
Pagina 283	National Portrait Gallery, Londen
Pagina 307	Collectie Joods Historisch Museum, Amsterdam
Pagina 343	Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlijn (Judith Althofer)

Lidmaatschappen, eredoctoraten, onderscheidingen

Lidmaatschappen

- 1876 Lid Genootschap ter Bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde in Amsterdam
- 1876 Lid Maandagavondgezelschap in Utrecht
- 1877 Lid Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen in Utrecht
- 1879 Lid Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte in Rotterdam
- 1884 Lid Suikercommissie
- 1885 Lid Koninklijke Akademie van Wetenschappen in Amsterdam
- 1888 Erelid Chemical Society in London
- 1889 Erelid Deutsche Chemische Gesellschaft, Berlin
- 1890 Lid Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen in Haarlem
- 1890 Corresponderend lid British Association for the Advancement of Science
- 1891 Erelid Technologisch Gezelschap in Delft
- 1891 Corresponderend lid Magyar Tudományos Akadémia
- 1891 Erelid Physikalischer Verein zu Frankfurt am Main
- 1892 Lid Kungliga Vetenskapsakademien in Stockholm
- 1892 Erelid Manchester Literary and Philosophical Society in Manchester
- 1892 Corresponderend lid Königliche Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen
- 1894 Lid Academia Scientiarum Instituti Bononiensis
- 1894 Corresponderend lid Accademia Delle Scienze Di Torino
- 1894 Lid Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique (Associé)
- 1895 Erelid Deutsche Elektrochemische Gesellschaft
- 1895 Erelid American Academy of Arts and Sciences
- 1895 Erelid Kaiserliche Gesellschaft von Freunden der Naturwissenschaften, Anthropologie und Ethnographie in St.-Petersburg
- 1895 Corresponderend lid Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in St.-Petersburg
- 1896 Lid Königliche Preußische Akademie der Wissenschaften in Berlin
- 1896 Corresponderend lid Koninklijke Akademie van Wetenschappen in Amsterdam
- 1896 Corresponderend lid Nederlandsche Vereeniging voor Elektrotechniek
- 1896 Corresponderend lid Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wenen
- 1897 Lid Royal Society, London
- 1898 Erelid Société Impériale des Naturalistes de Moscou
- 1898 Erelid American Chemical Society
- 1899 Corresponderend lid Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere in Milano
- 1899 Corresponderend lid Koninklijk Instituut van Ingenieurs
- 1899 Lid The Society of Biological Chemistry
- 1899 Erelid Genootschap ter Bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde in Amsterdam
- 1899 Erelid Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië
- 1900 Lid Kongliga Physiographiska Sällskapet i Lund
- 1900 Erelid Royal Irish Academy
- 1900 Erelid Sociedad Científica 'Antonio Alzate' in Mexico
- 1901 Corresponderend lid R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti

- 1901 Lid Det kongelige Danske Videnskabernes Selskab in Kopenhagen
- 1901 Lid National Academy of Sciences of the United States of America
- 1901 Lid R. Accademia dei Lincei, Rome
- 1902 Lid Videnskabs Selskabet i Christiania
- 1902 Corresponderend lid Königlich Bayerische Akademie der Wissenschaften in München
- 1903 Erelid The Cambridge Philosophical Society
- 1903 Erelid Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wenen
- 1904 Lid American Philosophical Society in Philadelphia
- 1904 Erelid The Academy of Science of St. Louis
- 1905 Corresponderend lid Accademia Delle Scienze Di Torino
- 1905 Corresponderend lid Académie des Sciences de Paris
- 1905 Lid Raad van Bestuur Deutsches Museum in München
- 1906 Erelid Verein Deutscher Chemiker
- 1906 Erelid Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte in Rotterdam
- 1906 Erelid Royal Institution of Great Britain in Londen
- 1908 Corresponderend lid Österreichische Ingenieur- und Architekten-Verein in Wenen
- 1908 Erelid Nederlandsche Chemische Vereeniging

Eredocoratoraten

- 1901 Eredocororaat van de Universiteit van Greifswald
- 1901 Eredocororaat van de University of Chicago, Chicago
- 1901 Eredocororaat van Harvard University, Cambridge
- 1901 Eredocororaat van Yale University, New Haven
- 1903 Eredocororaat van de Victoria University, Manchester
- 1904 Eredocororaat van de Universiteit van Utrecht
- 1904 Eredocororaat van Trinity College, Dublin
- 1907 Eredocororaat van Technische Hochschule Braunschweig
- 1907 Eredocororaat van Technische Hogeschool Delft
- 1908 Eredocororaat van de Universiteit van Heidelberg

Medailles

- 1893 Davy-medaille van de Royal Society of London
- 1897 Erinnerungsmedaille aus erbeuteter Kanonenbronze
- 1909 Hofmann-Haus Plakette
- 1910 Große Goldene Medaille für Wissenschaft
- 1911 Helmholtz Medaille

Ordes

- 1894 Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur
- 1895 Benoeming tot Ridder in de Orde van den Nederlandschen Leeuw
- 1895 Benoeming tot lid van de orde Pour le Mérite für Wissenschaften und Künste
- 1900 Königliche Kronen-Orden zweiter Klasse
- 1901 Benoeming tot lid van de Königliche Bayerische Maximiliansorden für Wissenschaft und Kunst
- 1908 Benoeming tot Geheimer Regierungsrat
- 1911 Benoeming tot Senator der Kaiser-Wilhelms-Gesellschaft

Chronologie

1817 (14 juni)	Geboorte vader Jacobus Henricus van 't Hoff
1820 (16 december)	Geboorte moeder Alida Jacoba Kolff
1848 (23 maart)	Huwelijk ouders
1849	Vader begint huisartspraktijk in Rotterdam
1852 (30 augustus)	Geboorte Jacobus Henricus van 't Hoff
1853 (19 oktober)	Geboorte echtgenote Johanna Francina (Jenny) Mees
1855 (9 augustus)	Geboorte broer Jacob Marius (Jacob)
1857 (26 oktober)	Laboratorium aan de Groenburgwal geopend
1858 (2 januari)	Geboorte broer Herminus Johannes (Johan)
1860	Begin lagere schoolopleiding op Instituut Delfos in Rotterdam
1860 (29 november)	Geboorte zus Hendrika Adriana (Hendrika)
1863	Wet op het middelbaar onderwijs Thorbecke, invoering Hogere Burger School (hbs)
1864 (29 februari)	Geboorte broer Lambertus (Bert)
1865 (maart)	Gunning benoemd tot hoogleraar in Amsterdam
1867 (september)	Begint in vierde klas van de hbs
1869 (augustus)	Eindexamen hbs
1869 (september)	Begint studie aan Polytechnische School in Delft
1870 (juli)	Vakantie met vader in de Harz
1870 (augustus)	Stage op de suikerfabriek van Heerma van Voss in Leur
1871 (8 juli)	Eindexamen Polytechnische School
1871 (juli-augustus)	Wandeltocht in het Zwarte Woud
1871 (6 oktober)	Inschrijving aan de Rijksuniversiteit van Leiden
1872 (21 juni)	Kandidaatsexamen
1872 (oktober)	Aankomst in Bonn
1873 (16 juni)	Getuigenschrift Kekulé
1873 (augustus)	Vertrek uit Bonn
1873 (16 september)	Inschrijving aan de Rijksuniversiteit van Utrecht
1873 (20/22 december)	Doctoraalexamen in Utrecht
1874 (20 januari)	Zelfmoord Elisabeth van Federoff
1874 (februari)	Aankomst in Parijs
1874 (juli)	Terug in Utrecht
1874 (juli)	Vergeefse sollicitatie als assistent bij Van Bemmelen in Leiden
1874 (5 september)	Publicatie van het <i>Voorstel</i>
1874 (november)	Artikel Le Bel over het asymmetrisch koolstofatoom
1874 (22 december)	Verdediging proefschrift
1875 (5 mei)	Publicatie <i>La chimie dans l'espace</i>
1875 (november-december)	Onderzoek in het laboratorium van Eduard Mulder
1875 (december)	Vergeefse sollicitatie in Breda
1876 (1 maart)	Benoemd tot leraar natuurkunde aan de Veeartsenijschool
1876 (maart)	Bremer benoemd tot assistent van Mulder in Utrecht
1876 (maart)	Dibbits benoemd tot hoogleraar scheikunde in Utrecht
1876	Wet op het Hoger Onderwijs
1877 (februari)	Publicatie <i>Die Lagerung der Atome in Raume</i>

1877 (31 mei)	Aanval van Kolbe
1877 (22 juli)	Bezoek van Dom Pedro II, keizer van Brazilië
1877 (12 september)	Benoemd tot lector in de scheikunde
1877 (15 oktober)	Installatie als lector en formele oprichting van de Universiteit van Amsterdam
1877 (oktober)	Eerste deel van de <i>Ansichten über die organische Chemie</i>
1877 (2 november)	Openbare les <i>Het belang der theorie in de wetenschap</i>
1878 (15 februari)	Benoemd tot lector in de geologie en mineralogie
1878 (26 juni)	Benoemd tot hoogleraar in de scheikunde, de geologie en de mineralogie
1878 (11 oktober)	Oratie <i>De verbeeldingskracht in de wetenschap</i>
1878 (27 december)	Trouwdag Van 't Hoff en Jenny
1880 (8 oktober)	Geboorte dochter Johanna Francina (Jenny jr.)
1881 (mei)	Verhuizing naar de Stadhouderskade 73
1881 (juni)	Tweede deel van de <i>Ansichten über die organische Chemie</i>
1882 (19 maart)	Geboorte dochter Alida Jacoba (Aleida)
1883 (23 februari)	Geboorte zoon Jacobus Hendricus (Han)
1884 (mei)	Publicatie van de <i>Études de dynamique chimique</i>
1884 (26 mei)	Promotie Arrhenius
1884 (30 juli)	Benoeming tot lid van de Suikercommissie
1885 (31 maart)	Bespreking van de <i>Études</i> door Arrhenius
1885 (24 april)	Gekozen tot lid van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen
1885 (mei)	Artikel in de <i>Archives Néerlandaises</i> over de analogie tussen verdunde oplossingen en gassen
1885 (augustus)	Eerste brief aan Arrhenius
1885 (14 oktober)	Artikel in de <i>Handlingar</i> over de analogie tussen verdunde oplossingen en gassen
1887 (15 februari)	Eerste uitgave van het <i>Zeitschrift für physikalische Chemie</i>
1887 (juni)	Beroeping naar Leipzig afgewezen
1887 (oktober)	Affaire Max Conrat
1887 (14 november)	40-jarig jubileum professoraat Buys Ballot
1888 (februari-mei)	Arrhenius bezoekt Van 't Hoff in Amsterdam
1889 (21 juli)	Geboorte zoon Govert Jakob
1889 (juli)	Begin bouw nieuw Chemisch Laboratorium aan de Roetersstraat
1890 (september)	Bijeenkomst van de British Association for the Advancement of Science in Leeds
1891 (21 september)	Opening nieuw Chemisch Laboratorium
1893 (april)	Afwijzing aanbod van de universiteit Groningen
1893 (20 oktober)	Overlijden zus Hendrika
1893 (3 november)	Toekenning Davy Medal aan Van 't Hoff en Le Bel
1894 (december)	Eerste aanbod uit Berlijn
1895 (2 mei)	Ontslagsbrief naar B&W
1895 (juli-december)	Voettocht met gezin in het Zwarte Woud en Zwitserland
1896 (1 januari)	Ontslag in Amsterdam
1896 (26 februari)	Benoemd tot hoogleraar en lid van de Pruisische Akademie in Berlijn
1896 (eind maart)	Verhuizing naar de Uhlandstrasse 2

1896 (mei-juni)	Inrichting nieuw laboratorium aan de Uhlandstrasse 39
1896 (2 juli)	Intreerede in de Akademie
1896 (13 juli)	Overlijden August Kekulé
1896 (juli)	Conferentie in Londen over de <i>International Catalogue of Scientific Literature</i>
1898-1900	Voorzitter Deutsche Elektrochemische Gesellschaft
1898 (oktober)	Berzelius Feier in Stockholm
1899 (22 december)	25-jarig jubileum proefschrift
1900 (7 januari)	Overlijden Jan Willem Gunning
1901	President Deutsche Chemische Gesellschaft
1901 (mei-juni)	Eerste reis naar de Verenigde Staten
1901 (10 december)	Nobelprijs
1902 (februari)	Afwijzing aanbod van de universiteit Utrecht
1902 (februari)	Bezoek aan keizerlijke familie in Berlijn
1902 (16 april)	Overlijden vader
1902 (december)	Overlijden Johannes Wislicenus
1903	Voorzitter Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte
1903 (maart)	Nieuw laboratorium in de Düsseldorfer Strasse 3
1903 (mei)	<i>Dalton celebrations</i> in Manchester
1904 (16 mei)	Opening van het Van 't Hoff Laboratorium in Utrecht
1904 (juli-augustus)	Tweede reis naar de Verenigde Staten
1905	President Deutsche Chemische Gesellschaft
1905 (30 maart)	Trouwdag Jenny jr. en Ulrich Behn
1905 (2 oktober)	Lezing voor het Deutsches Museum
1906 (april)	Bezoek aan de Vesuvius
1906 (21 april)	Overlijden Wilhelm Meyerhoffer
1907 (juni-oktober)	Eerste verblijf in sanatorium Sülzhayn
1908 (februari-maart)	Tweede verblijf in sanatorium Sülzhayn
1908 (2 mei 1908)	Zelfmoord Ulrich Behn
1908 (juli-augustus)	Derde en laatste verblijf in sanatorium Sülzhayn
1908 (8 augustus)	Trouwdag Aleida en Charles Snyder
1908 (6 oktober)	Overlijden broer Bert
1908 (21 oktober)	Zoutonderzoek afgerond
1909 (20 mei)	Overlijden moeder
1909 (19 december)	Promotie Han
1910 (30 juni)	Herdenkingsrede voor Hans Landolt in de Akademie
1910 (herfst)	Eerste experimenten in het Blockhaus
1910 (oktober)	25-jarig jubileum osmotische druk theorie
1911 (1 maart)	Overlijden Jacobus Henricus van 't Hoff
1911 (14 mei)	Herdenkingsrede Wilhelm Ostwald
1911 (29 juni)	Herdenkingsrede Emil Fischer
1912 (augustus)	Publicatie Van 't Hoff biografie van Ernst Cohen
1913 (22 mei)	<i>Van 't Hoff Memorial Lecture</i> door James Walker
1915 (17 april)	Onthulling Van 't Hoff monument in Rotterdam

Woord van dank

In de allereerste plaats gaat mijn dank uit naar Toni Nijhof-Brink en haar echtgenoot Henk, die helaas de totstandkoming van dit boek niet meer mocht meemaken. Toni voelt een sterke band met het leven van haar overgrootvader, vooral vanwege de nauwe contacten die zij als jong meisje had met haar 'moetie' Jenny, de dochter van Van 't Hoff. Als historica is zij zich maar al te goed bewust van het belang van de familiedocumenten, zodat zij zich in de afgelopen jaren heeft opgeworpen als hoeder van het Van 't Hoff Huisarchief. Zij transcribeerde dagboeken en brieven en werkt aan een uitgave van de familiebrieven uit de periode 1869-1879, die een prachtige illustratie vormen van de ontwikkeling van Van 't Hoff van student tot wetenschapper. In de afgelopen vier jaar heb ik het voorrecht én het plezier gehad om regelmatig bij Toni aan tafel in Den Haag te kunnen overleggen, om wederzijdse ontdekkingen te delen en elkaar te helpen bij het ophelderen van allerlei grote en kleine kwesties, van dateringen, namen, familierelaties tot de interpretatie van delen uit de correspondentie. Ik ben haar daarvoor mijn onuitsprekelijke dank verschuldigd.

Direct daarna wil ik de grote steun en hulp vermelden die ik de afgelopen vijf jaar tijdens mijn onderzoek heb ondervonden van Frans van Lunteren en Dirk van Delft. Zij waren bereid mij onder hun hoede te nemen, voorzagen mijn teksten van kritisch commentaar en kwamen altijd met nuttige suggesties voor aanvulling en verder onderzoek.

Mijn grote dank gaat tevens uit naar alle medewerkers van archieven en bibliotheken die elke keer weer bereid bleken op zoek te gaan naar documenten of obscure artikelen en geduldig mijn vragen en verzoeken bleven beantwoorden. Dat was hartverwarmend. Zonder iemand tekort te willen doen, wil ik toch een aantal van hen hier speciaal noemen: Dalila Wallé van het Rijksmuseum Boerhaave in Leiden, Jim Stimpert van de Sheridan Libraries van Johns Hopkins University in Baltimore, Maria Asp van het Center for the History of Science van de Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen, Florian Preiss van de bibliotheek van het Deutsches Museum, Jan Both, streekarchivaris van de gemeente Goeree-Overflakkee, en Marie Beuse van de Universitätsbibliothek der Humboldt Universität in Berlijn.

Daarnaast werden brieven, documenten en artikelen verkregen uit de volgende bibliotheken en archieven: het Stadsarchief in Rotterdam, het Stadsarchief Amsterdam, het Utrechts Archief, de Koninklijke Bibliotheek in Den Haag, het Literatuurmuseum in Den Haag, het Nationaal Archief in Den Haag, het Noord-Hollands Archief in Haarlem, de Groninger Archieven, de Universiteitsbibliotheek van Leiden, de Bodleian Library van de University of Oxford, de University College Library in London, het Deutsches Museum Archiv in München, de Bayerische Staatsbibliothek in München, de Bancroft Library of the University of California Berkeley, de Einstein Archives in Tel Aviv, het Geheimes Staatsarchiv Preussischer Kulturbesitz in Berlijn, het Universitätsarchiv Leipzig, het Archiv der Max-Planck-Gesellschaft in Berlijn, de Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft in Grossbothen, de Frankfurter Vereinsarchive in Frankfurt, de Staatsbibliothek in Berlijn, de Library of the American Philosophical Society in Philadelphia, het Vieweg Archiv in Braunschweig, het Archiv der Universität Bonn en het archief van het *Zeitschrift für physikalische Chemie* in München.

Verder wil ik de volgende personen bedanken voor waardevolle bijdragen en adviezen: Martijn Bakker, Jaap Breedveld, Wolfgang Girnus, Martin Groeger, Thomas Hapke, Mart van Lieburg en Regine Zott. Zij waren bereid hun kennis van bepaalde aspecten van het leven en werk van Van 't Hoff met mij te delen. Edgar Groenen, Ernst Homburg, Paul

Mayer, Albert Philipse en Rob van Veen lazen (delen van) de tekst en voorzagen deze van nuttige op- en aanmerkingen. Met Rob heb ik veel gesproken over kwesties waar ik in mijn onderzoek of tijdens het schrijven tegenaan liep. Zijn opmerkingen daarover waren niet alleen elke keer zeer verhelderend, maar leverden bovendien tal van uiterst relevante literatuurverwijzingen op. Het is te hopen dat Rob zijn brede kennis van de wetenschaps-geschiedenis ooit nog eens inzet voor zijn magnum opus over de geschiedenis van de katalyse. Alle fouten die ondanks al het nauwkeurig leeswerk en commentaar in de tekst zijn achtergebleven komen vanzelfsprekend geheel en al voor mijn rekening. Alexander van der Made ten slotte wist de kwaliteit van een aantal foto's zodanig te verbeteren dat ze konden worden opgenomen.

Iedere schrijver is gebaat bij een goede redacteur, die ik in de persoon van Marieke van Oostrom heb getroffen. Zij begeleidde de totstandkoming van dit boek op een uiterst prettische en efficiënte manier en bleef met niet aflatend geduld op al mijn vragen antwoord geven. Mai Spijkers durfde het aan om al in een vroeg stadium te besluiten dat Van 't Hoff een mooie biografie in zijn fonds verdiende. Ik ben hem daarvoor zeer erkentelijk.

Ten slotte wil ik Irma, Daniël, Sarah en Lukas bedanken voor hun steun en liefde en vooral hun geduld in de periode dat ze mij met Van 't Hoff moesten delen. Ik hoop dat het boek ook hun laat zien dat mijn enthousiasme over 'zo'n dooie scheikundige' terecht was. Aan hen draag ik dit boek op.

Summary

J.H. van 't Hoff. A passionate outsider

Historical research is in my view more appropriate for a chemist in the twilight of his career when his ideas have run out and laboratory work has become too much of a burden. – J.H. van 't Hoff¹

This dissertation presents a new perspective on the life, work and character of the Dutch physical chemist Jacobus Henricus van 't Hoff, first recipient of the Nobel Prize in Chemistry, and one of the most important and colourful scientists in Dutch history. He was born in Rotterdam on the 30th of August 1852 as the oldest son of a medical doctor. Van 't Hoff was among the first to attend the newly created *hoogere burgerschool*, a type of education similar to the German *realschule* with an emphasis on the exact sciences. He then followed a rather unconventional path for his higher education, first studying chemical engineering at the Delft Polytechnic, followed by one year of mathematics at the University of Leiden. After discovering his heart was in chemistry, he left his homeland to continue his education in the laboratories of two renowned chemists, August Kekulé in Bonn and Adolphe Wurtz in Paris. Upon his return to the Netherlands, he completed his studies with a doctorate at the University of Utrecht. Just before finishing his dissertation, in September 1874, he published a small brochure in which he postulated the existence of the asymmetrical carbon atom. Together with the French chemist Joseph Le Bel, who came up with similar ideas a few months later, he was the first to realise the consequences of molecules having a three-dimensional structure. Whereas initially his ideas fell on deaf ears, a scathing critique from the German chemist Hermann Kolbe on the German translation of Van 't Hoff's brochure in 1877 finally drew attention to Van 't Hoff's ideas, after which many chemists rallied to his defence. Nowadays, Van 't Hoff is seen as one of the founders of the field of stereochemistry.

Van 't Hoff had a hard time finding an academic position. He first taught physics at a veterinary school in Utrecht, until the founding of the University of Amsterdam in 1877 offered him an opportunity and he was appointed full professor of chemistry, geology, and mineralogy. With his research group in Amsterdam, he initiated a programme aimed at understanding the dynamics of chemical reactions and chemical equilibrium, both experimentally and theoretically. Inspired by his favourite philosopher, the French positivist Auguste Comte, he wanted to develop a more rational, more mathematical view of chemistry. To this end he was among the first to apply the new science of thermodynamics in chemical studies. He also developed a theory of dilute solutions and of osmotic pressure. This brought him into contact with Wilhelm Ostwald from Germany and Svante Arrhenius from Sweden, who became his lifelong friends. In his doctoral research Arrhenius had already hypothesised that in solution electrolytes are dissociated and that salts break up into positively and negatively charged ions. To convincingly prove this, he used Van 't Hoff's theory on dilute solutions. With Ostwald, Van 't Hoff founded the highly influential *Zeitschrift für physikalische Chemie*, and together with both his brothers-in-arms – they became known as the Ionists – he defended their unconventional ideas against criticism

¹ Ch.M. van Deventer, J.H. van 't Hoff 1852-1911 In Memoriam, *De Gids*, 75 (1911) 138-155, p. 147.
'Historisch onderzoek lijkt mij iets voor een scheikundige in zijn nadagen, als hij geen vakideeën meer voortbrengt, en het laboratorium hem te zwaar valt.'

from various sides, notably from the English chemical establishment. With their studies the three Ionists, who each received a Nobel Prize, established the field of physical chemistry.

Towards the end of the nineteenth century, science was increasingly becoming an international activity. The number of international congresses and associations showed a spectacular growth and the Royal Dutch Academy of Sciences was receiving ever more requests from abroad to participate in international projects, for example in the field of standardisation. This led to pressure on the government, universities, and scientists to do everything in their power to enlarge national prestige. It is therefore no surprise that in June 1887 Van 't Hoff received an offer to a chair in physical chemistry at the University of Leipzig. Once this became publicly known, many of Van 't Hoff's colleagues, assistants and students, and even representatives from the city of Amsterdam expressed their displeasure about the possibility of his departure through letters and petitions. When the local authorities offered him a new chemistry laboratory, Van 't Hoff decided to turn down the Leipzig offer. His new laboratory opened its doors in 1891. However, only four years later Van 't Hoff received another, even more distinguished and more lucrative offer from Germany: a research professorship at the Prussian Academy in Berlin with a very limited teaching load.

The Prussian authorities realised that the successful German chemical industry required the support from universities, which at the time were dominated by organic chemists. Installing a major figure in physical chemistry like Van 't Hoff could help to redress this imbalance. The offer strongly resonated with Van 't Hoff since he wanted to free himself from his teaching load and administrative duties. His repeated pleas to allow more university professors to devote themselves fully to research instead of teaching fell on deaf ears in his home country. In the end, all efforts – both from local and national authorities and even private citizens – to keep him in Amsterdam only resulted in a painstakingly slow discussion on procedures, and ultimately proved to be in vain. Van 't Hoff decided to leave Amsterdam and in March 1896 he was instated as a permanent member of the Prussian Academy. In his private laboratory in Berlin, assisted by a host of mostly experienced students and researchers, he devoted himself to a wide-ranging study of salt formation, in support of the German salt industry in Stassfurt. It offered him the satisfaction of being able to fulfil his debt of honour to a country that had given him so much. In these years he became one of the great scientists of Europe, receiving numerous honorary doctorates, memberships, and prizes, culminating in the award of the first Nobel Prize in Chemistry in 1901.

While there has been quite some scholarly interest in his life and work from science historians, the only major biography (written in German by his friend and student Ernst Cohen) was published in 1912, and though it has been important as a reference, it is rather uncritical, if not glorifying. Therefore, a new biography was long overdue, covering all insights gained over the past hundred years into his scientific research, his personal life and their mutual influence. Public and especially family archives turned out to contain a wealth of previously unknown (personal) documents, letters and diaries. These offered numerous novel insights into Van 't Hoff's character, his behaviour, his (scientific) ideas and ways of working.

The image of Van 't Hoff that emerges from the research presented in this dissertation is that of someone with a strong drive to make a name in science, who nonetheless always remained an outsider. Whichever period of his life and whichever institution or group he belonged to, he never wholeheartedly took part, always isolating himself, always remaining on the sidelines. The letters he exchanged with his parents during his university

studies have brought to light the major influence his father played on his personal and intellectual development. On the one hand they illustrate his compliance with his father's demands to do well and be an example for his younger siblings, but on the other hand they are also a testament to his strong will to escape from this same pressure and give in to his romantic nature. This drive to do well and distinguish himself in science came to light in the publication of his revolutionary brochure and in his plea for the important role of imagination in science, with which he shocked many of his older colleagues. This also contributed to his outsider status in his own country. Being one of the fathers of the 'new science' of physical chemistry set him apart from most of the organic chemists in the Netherlands: they did not accept him as an editor of the new Dutch chemistry journal *Recueil*, and he experienced difficulties in getting elected to the Royal Dutch Academy of Sciences – only to rarely attend their meetings. Whereas the offer from Berlin could have been considered an honourable distinction for a Dutch scientist, he was frowned upon by his countrymen for accepting it and showing a lack of loyalty to his homeland. Even among the Ionists he proved to be somewhat of an outsider, fighting only reluctantly for the acceptance of their ideas, in contrast to Arrhenius and Ostwald.

Van 't Hoff could never see his scientific successes for what they truly were and always needed more confirmation, especially from his father. It is no coincidence that his scientific output virtually came to a standstill after his father's death in 1902. The Academy position in Berlin offered him, for the first time in his life, the chance to fully devote himself to ground-breaking research, but for more than ten years he was content to work in a rather rudimentary laboratory on a research topic that could equally well have been solved by someone with less brilliance and equal tenaciousness. All these new insights into his personality come together in this dissertation, which also considers broader science-historical developments: the emergence of new scientific disciplines, the important role of objectivity in nineteenth-century science, appointment policies at (inter)national universities, the growing internationalisation of science in the late nineteenth century, and the gradually changing balance between research and education at universities. Therefore, this dissertation not only furnishes new insights into Van 't Hoff's life and character, but also describes and analyses the interaction between the personality and the scientific work of this leading chemist of the nineteenth century for the first time.

Register

- Académie des Sciences • 121, 135, 164, 181, 204, 343, 399
- affiniteit • 169, 170, 177-179, 182, 190, 192, 211, 263-264, 267-268, 271, 345, 387
- Algemeen Handelsblad* • 303, 305, 317
- Althoff, Friedrich (1839-1909) • 300-303, 309-310, 324, 346-349, 351, 401
- American Chemical Society • 376
- Amsterdam • 3, 10, 14-15, 17-19, 26, 28, 34, 38, 47, 63, 106, 108, 115, 119-129, 131-132, 134, 142-143, 146-151, 153-154, 157, 160, 165, 167-168, 170, 191, 193, 196, 198, 203, 207-208, 215-220, 223-228, 230-231, 233, 236-239, 243-244, 246-251, 255, 265, 271, 274-278, 282, 285, 294, 299-308, 311, 313, 315-319, 323-328, 330, 335, 337, 342, 351-353, 358, 360, 363-364, 366, 369, 371-372, 396, 407-408, 421-422, 450-451, 453, 456, 460, 462-464, 467-468
- Amsterdamsche Studentenalmanak* • 129, 222, 238, 342
- analogie tussen verdunde oplossingen en gassen • 192, 196-197, 205, 289, 291, 292, 393
- analytische chemie • 149, 300, 348
- Ångström, Anders Jonas (1814-1874) • 183
- anorganische chemie • 38, 146, 183, 218, 220, 300, 309-310, 348, 410
- Ans, Jean d' (1881-1969) • 364-365, 410, 419
- Ansichten über die organische Chemie* • 153-157, 159-160, 162, 164, 167-168, 192, 445
- Arago, Dominique François Jean (1786-1853) • 135
- Archives Néerlandaises* • 95-96, 197, 199-200, 205, 292, 341
- Armstrong, Henry Edward (1848-1937) • 206, 281-284
- Aronstein, Ludwig Levi (Louis) (1841-1913) • 293
- Arrhenius, Svante August (1859-1927) • 16, 19, 78, 113, 123, 155, 165, 182-190, 194, 199-202, 204-210, 212-213, 216, 244-247, 256-262, 265, 268-269, 272-278, 281-287, 289-290, 292-296, 326, 337, 349, 353, 366, 370, 373, 383, 389-396, 399-403, 410, 413, 418, 429, 442, 445, 447-449, 466-468
- asymmetrisch koolstofatoom • 63, 65, 75, 77, 79, 84-86, 92-93, 100, 102-103, 110, 112, 161-162, 164, 243, 296, 373, 392, 444, 462, 468
- Athenaeum Illustre • 106, 108, 115, 119, 124, 127, 222
- Aurivillius, Per Olov Christopher (1843-1928) • 390
- Auwers, Georg Friedrich Julius Arthur von (1838-1915) • 317, 324, 401-402
- Avogadro, Amedeo (1776-1856) • 240
- B&W van Amsterdam • 119-120, 128-129, 222, 238-239, 242, 305-306, 317-318, 326, 328
- Bader, David • 358, 359, 368, 369
- Baeyer, Johann Friedrich Wilhelm Adolf von (1835-1917) • 98-99, 104, 110, 225, 375, 406, 410, 418
- Bakhuis Roozeboom, Hendrik Willem (1854-1907) • 81, 164, 250, 255-256, 288, 317, 326, 337, 364, 371-372, 412-413, 422
- Baltimore • 17, 249, 287, 378, 430, 439
- Bancroft, Wilder Dwight (1867-1953) • 249, 338, 376, 379-380, 386
- base(n) • 69, 152, 184-186, 207, 273
- Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte • 338
- Baumhauer, Edouard Henri von (1820-1885) • 126-128, 160, 162
- Bayer Farbenfabriken • 270, 309-310, 347-348, 350
- Bazendijk Uitgeverij • 43, 98, 137
- Behn, Johanna Anna Augusta (Ännchen) (1906-1982) • 429
- Behn, Marie Aleida Lore Toni (Toni) (1908-2005) • 432
- Behn, Ulrich Andreas Richard (1868-1908) • 427-433, 439
- Behn-Van 't Hoff, Johanna Francina (Jenny jr.) (1880-1964) • 16-17, 20, 166, 196, 319, 322, 325, 336, 354, 376, 386-387, 422, 426-433, 440, 443, 452
- Behring, Emil Adolf von (1854-1917) • 310, 395, 410, 424-425
- Beijerinck, Martinus Willem (1851-1931) • 39, 48, 107, 143, 447

- Bellaar Spruyt, Cornelis (1842-1901) • 106, 137, 463
- Bemmelen, Jacob Maarten van (1830-1911) • 52, 54, 80-82, 146, 161, 201-203, 228-230, 293, 311, 317, 352, 462, 464
- Berlijn • 10, 16-18, 20, 50, 59, 98, 123, 150-151, 183, 204, 216-217, 219, 224, 226, 231, 244-247, 250, 252, 257, 259, 266, 271, 277, 279-280, 287, 289-290, 292, 299-304, 306, 308-309, 311, 317-320, 323-325, 328-330, 333, 335-337, 341-343, 345-349, 351-354, 357-360, 362-363, 365, 367-369, 371-373, 376, 383-384, 394, 397-398, 400-402, 407-408, 410-411, 426-427, 429-434, 436-438, 440, 442, 444-445, 447, 449, 456-457, 465, 467
- Berthelot, Pierre Eugène Marcellin (1827-1907) • 96-101, 105, 110, 113, 157-160, 162, 170, 172, 175, 211, 233, 246, 264, 268, 282, 306, 364, 466
- Berthollet, Claude Louis (1748-1822) • 155, 168-169
- Berzelius, Jöns Jakob (1779-1848) • 37, 69-70, 114, 125, 155, 240, 330, 346
- Bierens de Haan, David (1822-1895) • 45, 51-53, 55, 57, 80, 459
- Bijlert, Albertus van (1864-1925) • 288
- Bodenstein, Max Ernst August (1871-1942) • 432-433
- Boerenoorlog • 408, 413
- Boltzmann, Ludwig Eduard (1844-1906) • 191, 206, 208, 275, 289, 295, 409, 420
- Bonn • 19, 23, 40, 43, 47, 50, 52, 55-56, 58-66, 68, 74, 80, 84, 90, 96, 98, 112, 134, 151, 216, 223, 228, 347, 458-459, 462, 464-465
- Boon Mesch, Anthony Hendrik van der (1804-1874) • 53-54, 80
- Boon Mesch, Hendrik Carel van der (1795-1831) • 125
- Boström, Erik Gustav (1842-1907) • 396
- Böttinger, Henry Theodore (1848-1920) • 270, 309, 348
- Braakensiek, Johan Coenraad (1858-1940) • 313-314
- Bredig, Georg (1868-1944) • 249, 467
- Bremer, Gustav Jacob Wilhelm (1847-1909) • 79, 82, 97-98, 100, 105-107, 443, 462
- British Association for the Advancement of Science • 139, 215, 281-282
- Brodie, Sir Benjamin Collins (1783-1862) • 139
- Bulkeley, Henry John • 64, 80, 82, 459, 461
- Bunsen Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie • 271, 426
- Bunsen, Robert Wilhelm Eberhard (1811-1899) • 72, 114, 153, 247, 444
- Burns, Robert (1759-1796) • 40
- Buys Ballot, Christophorus Henricus Diedericus (1817-1890) • 95, 101-103, 106, 131, 156, 160, 202, 233-234, 462-463
- Byron, George Gordon 6th Baron (1788-1824) • 19, 39-43, 52-53, 66, 421, 461
- Cameretten (Delft) • 36, 38-39
- Carnegie Institution • 367
- Cassidy, David • 12-13
- Chanfleury van IJsselstein, Jan Leonardus (1819-1906) • 121
- Charlottenburg • 335-336, 351
- Chemical Society • 234, 281, 405, 449, 451
- chemisch evenwicht • 17, 150-151, 158-159, 165, 169-175, 178-179, 181, 186, 190, 192, 199, 203-205, 211, 244, 264, 273, 275, 296, 352, 364, 389, 442, 446, 466
- evenwichtsconstante • 173, 199, 245, 442, 445
- evenwichtstoestand • 159, 178
- chemische industrie • 35, 248, 271, 279, 300, 309-310, 329, 348, 453, 455, 457
- chemische thermodynamica • 171, 268, 408
- Chicago • 7, 175, 270, 369, 375, 378, 381-384, 393
- Childe Harold's Pilgrimage* • 41, 43, 66
- Christiania (Oslo) • 158, 200, 370
- Claessens, Hubertus (amanuensis) • 153
- Clausius, Rudolf Julius Emanuel (1822-1888) • 170, 185-187, 234, 266
- Clausius-Williamson-hypothese • 185-186, 189, 208
- Cleve, Per Teodor (1840-1905) • 183, 187-188, 392-394, 396
- Cohen Stuart, Lewis (1827-1878) • 36
- Cohen, Ernst Julius (1869-1944) • 10, 14-15, 17-18, 29, 34, 36, 64, 77, 79, 89, 142, 151, 172-173, 195, 201, 247-249, 270, 307,

- 323, 328-330, 336-337, 340, 342-343, 346, 354, 358-359, 371-372, 374, 384, 412, 415-416, 422, 432, 438, 442-443, 446-448, 450, 457, 464
- Cohen-Gompertz, Louise (1874-1920) • 248
- Cohen-Rosenthal, Johanna (Nanny) (1835-1915) • 248, 307
- Comte, Isidore Marie Auguste François Xavier (1798-1857) • 39-40, 45, 88, 154-156, 168, 260, 263
- Conrad, Max (1848-1920) • 223
- Conrat, Max (1848-1911) • 226-227, 231, 329
- Cordfunke, E.H.P. • 15
- Cornell University • 249, 376, 379
- Cours de philosophie positive* • 39-40, 154, 168, 263
- Crum Brown, Alexander (1838-1922) • 73
- curatoren • 120
- Universiteit van Amsterdam • 123, 126-127, 132-134, 137, 219-220, 225-226, 306, 326, 341
- Universiteit van Leiden • 54
- Universiteit van Utrecht • 106, 127
- Cuvier, Baron Georges (1769-1832) • 136
- Dahlem • 349-350, 419, 443, 449
- Dalton, John (1766-1844) • 71, 123, 240, 330, 396, 409
- Daston, Lorraine • 138
- Davy Medal • 243, 399
- Davy, Sir Humphry (1778-1829) • 59, 136-137, 139, 185, 267
- Day, Arthur Louis (1869-1960) • 367, 430-432
- De Nieuwe Gids* • 229, 231, 255, 464
- De verbeeldingskracht in de wetenschap* (oratie) • 18, 88, 134, 137-138, 143, 164, 230, 406, 463
- Debye, Peter Joseph William (1884-1966) • 277, 295
- Delfos • 30-31, 33, 338
- Delft • 19, 34-40, 44-45, 48, 53-55, 59, 61-62, 80-81, 90, 107, 124, 154, 161, 228, 247, 310, 326, 337-338, 366, 426, 447, 458-459
- Delft, Dirk van • 14
- Desmond, Adrian • 12
- Dessaignes, Victor (1800-1885) • 96-97
- destillatie • 40, 100, 125, 152, 238, 242, 244, 276-277
- Deutsche Chemische Gesellschaft • 64, 96, 157, 230, 234, 243-244, 251, 400, 409-411, 447
- Deutsche Elektrochemische Gesellschaft • 270-271, 309, 367, 392
- Deutsches Museum, München • 7, 414-415, 417-418
- Deventer, Charles Marius van (1860-1931) • 9, 39, 176, 203-204, 219-220, 229-231, 237-238, 247-248, 251, 255, 262, 296, 337, 352, 362, 371, 448, 464, 466
- Dibbits, Hendrik Cornelis (1838-1903) • 106, 146, 371-372
- Die chemischen Grundlehren nach Menge, Mass und Zeit* • 442, 447
- Die Lagerung der Atome im Raume* • 77-78, 103-104, 109, 112-113
- Diels, Hermann Alexander (1848-1922) • 349
- disciplinevorming • 10, 18, 262, 264, 267, 272, 454-455
- dissociatie • 159, 171, 174, 184-185, 196, 210, 212-213, 244, 246, 262, 268, 274-276, 278, 281, 393
- dissociatiehypothese • 208-210, 212-213, 244, 256, 273-274, 278, 281, 287, 289-290
- dissociatietheorie • 16, 277, 282-284
- elektrolytische dissociatie • 78, 194, 244-246, 283, 286, 297, 442
- Dix années dans l'histoire d'une théorie* • 352
- Docters van Leeuwen, Johannes Hendrikus Karel (1863-1935) • 247
- Dolby, R.G.A. • 268
- Donders, Franciscus Cornelius (1818-1889) • 89, 106, 121, 163, 198, 210, 221, 227, 233, 384, 397, 456, 463
- Donnan, Frederick George (1870-1956) • 366
- Dordrecht • 23, 25-26, 105
- Dorpat (Tartu) • 181
- Dresden • 223, 226
- Du Bois, Henri Édouard Johan Godfried (1863-1918) • 447
- Du Bois-Reymond, Emil Heinrich (1818-1896) • 256, 266, 279
- Dubois, Eugène (1858-1940) • 415

- Duhem, Pierre Maurice Marie (1861-1916) • 246, 256, 263, 270
- Dumas, Jean Baptiste André (1800-1884) • 70-71
- Düsseldorfer Strasse • 368, 408, 419, 441, 443
- Edlund, Eric (1819-1888) • 183, 185, 187-188, 202, 207, 275
- Eerste Hoofdwet • 170
- Eerste Wereldoorlog • 16, 310, 365, 410, 418, 434, 451, 457
- Ehrenfest, Paul (1883-1933) • 295, 387
- elektrochemie • 267-268, 270, 348, 350, 432
- elektrolyse • 184-186, 206, 240, 267, 281
- elektrolyt(en) • 184-187, 194, 205, 208, 212-214, 244, 273-275, 277, 279-280, 393
- sterke elektrolyt(en) • 185, 277, 286, 323
- zwakke elektrolyt(en) • 185, 286
- Engelmann, Friedrich Wilhelm Rudolf (1841-1888) • 181, 216, 217, 251-254, 258-259, 261
- entropie • 172, 176, 196, 211, 295
- enzym(en) • 348, 384, 419, 441-443, 445-446, 455
- epistemische deugden • 138-139, 230
- Erasmiaans Gymnasium, Rotterdam • 32
- Erdmann, Otto Linné (1804-1869) • 265
- ester(s) • 157-159, 244, 442, 445-446
- Études de dynamique chimique* • 164, 167-168, 172-175, 177, 179-183, 187, 189-190, 192, 194, 197, 202, 205-206, 211, 247-248, 268, 323, 371, 466
- Euler-Chelpin, Hans Karl August Simon (1873-1964) • 361
- Ewan, Thomas (1868-1955) • 248
- Eykman, Johan Fredrik (1851-1915) • 288, 371
- Faraday, Michael (1791-1867) • 64, 185, 248, 267, 330
- fasenleer • 288, 296, 364
- faseverandering/-overgang • 174, 202, 204, 211, 296, 384
- Federoff, Elisabeth von • 61, 64-66
- Fischer, Hermann Emil Louis (1852-1919) • 98, 145, 155, 209, 234, 244-245, 263, 301-303, 315, 320, 323-325, 346-349, 361, 367-368, 391-393, 401, 410, 444, 446, 448-449
- Fitzgerald, George Francis (1851-1901) • 283-284, 292, 295
- Florence • 41, 68
- Forman, Paul • 11
- Franchimont, Antoine Paul Nicolas (1844-1919) • 54, 60, 63, 65, 80-81, 115, 133, 146, 151, 153, 160-164, 221, 229-230, 250, 255, 265, 462-464
- Francken Azn., Walraven (1822-1894) • 44
- François, Jean Pierre Adrien (1814-1881) • 32-33
- Frankland, Sir Edward (1825-1899) • 98, 108
- Freiburg • 302, 434, 436
- Friedrich-Wilhelms-Universität • 55, 112, 300, 325, 343, 349-351, 370, 429, 432, 437, 444, 446, 448
- Frowein, Pieter Coenraad Frederik (1854-1917) • 229, 255
- fysische chemie • 15, 17, 19, 123, 150, 155, 189, 216-217, 230, 244, 246, 248-250, 256, 259, 262-272, 279, 281, 287, 295, 300, 317, 338, 344, 347-349, 359, 361, 367, 375, 383, 386-387, 391-392, 400, 448, 454-455, 457
- Galison, Peter • 138
- Gay-Lussac, Joseph Louis (1778-1850) • 195-196, 198, 288
- gedichten • 42-43, 50, 61-62, 66, 68
- Geer, Pieter van (1841-1919) • 51, 55
- geleidbaarheid • 151, 183, 185-186, 188, 205-206, 257, 273, 275, 282
- geleidbaarheidsmetingen • 186, 188, 199, 205-206, 208-210, 276, 378
- geleidingsvermogen • 209, 251, 273
- gemeentebestuur van Amsterdam • 128, 226, 240, 306, 312, 316, 461
- gemeentebestuur van Rotterdam • 32
- gemeenteraad van Amsterdam • 119-120, 123, 126-127, 129, 133, 221, 224, 238, 306, 326, 451
- gemeenteraad van Rotterdam • 32
- Genootschap ter Bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde • 115, 338
- geologie • 128, 130, 133, 145, 149, 216, 236-237, 240, 270, 344, 364, 383
- Geophysical Laboratory • 367, 430

- Gerhardt, Charles Frédéric (1816-1856) • 71
 Gerrits, G.C. • 10
 Gesellschaft Deutscher Naturforscher
 und Ärzte • 213, 215, 252, 353, 410, 415
 Gibbs, Josiah Willard (1839-1903) • 171,
 211, 288, 295-296, 345, 364, 385
 gips • 356-357, 383-384
 glucoside(n) • 442, 445-446
 Gohlisch, Emil • 368, 439
 Goldschmidt, Heinrich Jacob (1857-1937) •
 248
 Gompertz, Bernard Leon (1848-1916) •
 248, 307
 Göttingen • 249, 268, 270, 310, 348-349,
 363, 378, 385, 422, 432
 Graz • 206-208, 275
 Grinwis, Cornelis Hubertus Carolus
 (1831-1899) • 64, 89
 Groenburgwal • 126-127, 145, 147, 149-150,
 152, 192, 222, 230, 238, 240, 247, 275, 315,
 451
 Groningen • 54, 106, 115, 119, 127, 146, 243,
 250, 297, 337, 371, 462
 Groote Lindt • 23-26
 Groth, Paul Heinrich (1843-1927) • 142,
 154
 Guldberg, Cato Maximilian (1836-1902) •
 157-159, 169-170, 182, 186, 199-200, 202,
 211, 466
 Gunning, Jan Willem (1827-1900) • 106,
 108, 115, 121-123, 126-133, 146-148, 150,
 160-165, 202, 220-223, 225-228, 238-241,
 248-250, 302-303, 308-309, 318, 326,
 329, 341-342, 371-372, 395, 406, 459, 463
 gymnasium • 31-33, 35, 48, 51, 113, 145, 181,
 336-337, 407, 434, 436, 459-460
 Haber, Fritz (1868-1934) • 350
Habilitation • 177, 206, 352
 Hamburger, Hartog Jacob (1859-1924) •
 198, 384, 397, 425
Handlingar • 202, 204-205, 207, 211-213,
 394
 Hankel, Wilhelm Gottlieb • 216
 Hankins, Thomas • 11-12
 Harnack, Carl Gustav Adolf von (1851-
 1930) • 350
 Harper, William Rainey (1856-1906) •
 375, 382-383
 Harvard University • 258, 376, 378, 385-386
 Harz • 19, 37, 337, 423, 433, 437-439, 441, 444
 Hasselberg, Klas Bernhard (1848-1922) •
 401-402
 Hasserode • 433, 441-442, 444
 Haver Droeze, Frederik Jan (1779-1850) •
 26
 Heerma van Voss, Sybrand Casparus Jan
 (1841-1934) • 37-38
 Hefner-Alteneck, Friedrich Heinrich
 Philipp Franz von (1845-1904) • 412
 Heide, Jochum Kornelius van der (1867-
 1954) • 148-149, 247, 352
 Heidelberg • 33, 234, 248, 263, 266-267,
 433, 444
 Heilbron, J.L. • 12
 Heine, Heinrich (1797-1856) • 40, 248
 Helmholtz, Hermann von (1821-1894) •
 171, 176, 179, 183, 263, 287, 289, 300, 303,
 318, 324, 349, 447
 Henninger, Arthur (1850-1884) • 96, 100
 Henry, Louis (1834-1913) • 98-100, 105
 Herrmann, Felix • 103, 109
 Hess, Germain Henri (1802-1850) • 170
 Hesselink van Suchtelen, Herman François
 (1852-1934) • 51, 316
 Het Vergulde Poortje • 89
 Hilversum • 19, 195
 Hittorf, Johann Wilhelm (1824-1914) • 69,
 348
 Hobbema, Meindert (1638-1709) • 28-29
 Hoechst • 310, 347
 Hoek, Paulus Peronius Cato (1851-1914) •
 437
 Hoff sr., Jacobus Henricus van 't (vader)
 (1817-1902) • 18, 23, 26-28, 30, 33, 37,
 40-42, 48-50, 52-53, 55-56, 58, 61-62, 64,
 67-68, 78, 80, 82, 90, 92, 94-95, 112, 121,
 130-131, 133-134, 137, 142-143, 156, 182,
 218, 223, 243, 273, 301-302, 337, 345, 375,
 377, 405-408, 437, 439, 441, 447, 458-459,
 465-467
 Hoff, Cornelis van 't (1851-1853) • 27, 29
 Hoff, Govert Jakob van 't (Goof) (1889-
 1918) • 234, 321-324, 336-337, 398, 432,
 434-435, 437-439
 Hoff, Herminius Johannes van 't (Johan)
 (1859-1939) • 29, 61, 82, 98, 441, 443-444,
 452, 458, 460

- Hoff, Jacob Marius van 't (1855-1931) • 41, 56-58, 61, 65, 68, 82, 141, 405, 438-439, 447, 458-460
- Hoff, Jacob van 't (1773-1827) • 25
- Hoff, Jacobus Hendricus van 't (Han) (1883-1943) • 17, 20, 166, 322, 337, 407-408, 412, 432, 434-440, 448
- Hoff, Jacobus van 't (1804-1892) • 25-26
- Hoff, Lambertus van 't (1864-1908) • 29, 61, 234, 458, 460
- Hoff, Leendert Ariënsz. van 't (1689-1764) • 24-25
- Hoff, Maria Margaretha van 't (1849-1857) • 27, 29
- Hoff, Pieter van 't (1730-1801) • 25
- Hoff-de Reus, Maria Margaretha van 't (1778-1854) • 25-26
- Hoff-Kolff, Alida Jacoba van 't (moeder) (1820-1909) • 26-27, 29-30, 37, 41, 43, 50, 52, 56-58, 61-62, 65-68, 80-82, 123, 143, 201, 389, 398, 406, 408, 415, 421-424, 429, 431, 434-435, 438-439, 441, 460
- Hoff-Mees, Johanna Francina van 't (Jenny) (1853-1935) • 15-16, 33, 131, 140-143, 152, 166-167, 182, 195, 225-227, 234-235, 255, 261, 299, 303, 319, 321-323, 335, 337, 342, 346, 354, 375, 379, 381, 394, 402, 407-408, 420, 422, 424, 426, 429, 431-433, 435, 438-444, 447-448, 457, 460, 462-463, 465
- Hofmann, August Wilhelm von (1818-1892) • 59, 74, 98, 110, 347, 410-411, 448
- Högskola • 183, 187, 282, 401
- Holland-Amerika Lijn • 140, 375-377
- Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen • 14, 95, 126, 199
- Holleman, Arnold Frederik (1859-1953) • 88, 156, 180, 243, 257, 450, 452
- Hondius Boldingh, Gerrit (1865-1936) • 148-149
- Hoogere Burgerschool (hbs) • 19, 31-36, 39, 48, 57, 62, 68, 86, 105, 107, 125, 145, 153, 236-237, 248, 338, 372, 451-452, 458-460, 462
- Hoogewerff, Sebastiaan (1847-1934) • 34, 148, 228-229, 326
- hooikoorts • 243, 328, 337, 382, 419
- Horatius • 43
- Horstmann, August Friedrich (1842-1929) • 159, 171-172, 174, 196-197, 252-253, 263, 287
- Houten, Samuel van (1837-1930) • 307, 311-312, 318, 328-329
- Hoyer-Mees, Francina (1848-1899) • 342
- Hubrecht, Ambrosius Arnold Willem (1853-1915) • 34-35, 86, 203, 372
- Hubrecht, Henri François Rudolf (1844-1926) • 33-34
- Hugenholtz, Nicolaas Jan Agatho Christiaan (1858-1921) • 243
- Hugenholtz-van 't Hoff, Hendrika Adriana (1860-1893) • 29, 40, 243, 427
- hydraattheorie • 281-283, 286
- International Catalogue of Scientific Literature • 345
- internationalisme • 10, 18, 215, 231, 454-455
- ionen • 185, 207, 209-210, 212-213, 244, 273-275, 277, 279-281, 283-284, 287, 355-358, 393
- anionen • 185
- kationen • 185
- Ioniërs/Ionists • 16, 214, 259, 273, 280-282, 286-287, 393, 413, 468-469
- isomeren • 70, 84, 86, 94, 99-100, 103
- isomerie • 65, 76-77, 84-85, 122
- Ithaca • 249, 379-380
- i-waarde • 198-199, 207-210, 212
- Janse, Gilles (1852-1912) • 90
- Jellett, John Hewitt (1817-1888) • 199
- Johns Hopkins University • 17, 249, 287, 378, 430
- Jones, Harry Clary (1865-1916) • 249, 257, 262, 287, 378, 448
- Jorissen, Willem Paulinus (1869-1959) • 15, 200-201, 448
- Journal für praktische Chemie* • 72, 109, 112, 251, 254
- Jubelband* • 257, 258, 338, 442
- Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft • 350, 457
- Kamerlingh Onnes, Heike (1853-1926) • 14, 250, 302, 319, 418
- Keizer Dom Pedro II van Brazilië (1825-1891) • 121-123

- Keizer Napoleon Bonaparte (1769-1821) • 43, 53, 406
- Keizer Napoleon III (1808-1873) • 44
- Keizer Wilhelm II (1859-1941) • 303, 310-311, 325, 344, 349-350, 372, 376, 402-403, 405, 408, 433
- Kekulé, Friedrich August (1829-1896) • 55-56, 59-65, 67-68, 71-75, 78, 80-81, 84, 92, 98, 100, 104, 108, 112-114, 121, 151, 160, 223, 240, 266, 406, 458-459, 461-462
- Kelvin, William Thomson, 1st Baron (1824-1907) • 170, 295, 367
- Kerckhoff, Petrus Johannes van (1813-1876) • 64, 77, 106, 115, 146, 462
- Kirchhoff, Gustav Robert (1824-1887) • 266, 324
- Klason, Johan Peter (1848-1937) • 392
- Klockow, Ida • 336, 426, 430
- Knop, Wilhelm (1817-1891) • 224
- Kohlrausch, Friedrich Wilhelm Georg (1840-1910) • 185-186, 188, 191, 205-206, 209, 273, 300-301, 304, 367, 378, 402, 430-431
- Kolbe, Adolph Wilhelm Hermann (1818-1884) • 13, 72-74, 108-114, 135, 137-138, 160, 265-266, 296, 340
- Kolff, Hermina Johanna (1784-1859) • 29
- Kolff, Lambertus (1749-1823) • 29
- Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften • 114, 151, 217, 256, 260, 292, 304, 317, 324, 325, 329, 335, 343-350, 354, 359, 361, 363-364, 376, 401, 408, 426, 438, 441, 444-445, 449
- Koninklijke Akademie Delft • 36
- Koninklijke Akademie van Wetenschappen • 51, 81, 138, 160-164, 198, 201-203, 215, 217, 230, 233, 309-313, 316-318, 323, 326, 329, 345, 398, 437, 447-448, 453, 461, 463-464, 468
- Koninklijke Zweedse Akademie van Wetenschappen • 184, 190, 200, 202, 208, 210, 297, 346, 389-392, 394-396, 401-402
- Koogh, Adrianus van der (1796-1831) • 29
- Kooy, Diederik Marcus (1867-1937) • 247
- Kopp, Hermann Franz Moritz (1817-1892) • 266-267
- Koppel, Leopold (1854-1933) • 350
- Körber, Hans-Günther • 16
- Korteweg, Diederik Johannes (1848-1941) • 161, 164, 202, 317, 326, 345
- Kremser, Emil (1859-1947) • 423
- kringproces • 197, 200
- kristallografie • 149, 236-237, 241
- kristalwater • 177-178, 356-357, 365, 367, 383
- Kruyt, Hugo Rudolph (1882-1959) • 248, 310
- Kultusministerium • 216, 223, 300, 302, 309, 324, 343, 346, 456
- Kundt, August Adolf Eduard Eberhard (1839-1894) • 279-281, 287, 290, 295, 300-302, 315, 427
- Kunsttalen (Esperanto, Ido, Volapük) • 260-261
- Kuyper, Abraham (1837-1920) • 372
- La Chapelle • 44
- La chimie dans l'espace* • 76, 93, 98-99, 122, 137, 153, 218, 407
- Laar, Johannes Jacobus van (1860-1938) • 149, 371
- Ladenburg, Albert (1842-1911) • 100, 278, 410-413, 427
- Landolt, Hans Heinrich (1831-1910) • 160, 217-218, 252, 256, 260, 266-267, 301, 345, 347, 349, 370, 392, 400-401, 410, 418, 444
- Langevin, Paul (1872-1946) • 295
- Laurent, Auguste (1807-1853) • 71
- Lavoisier, Antoine (1743-1794) • 59, 123-124, 240, 251
- Le Bel, Joseph Achille (1847-1930) • 16, 63, 68, 92-94, 100-101, 112-113, 115, 162, 164, 243, 399, 464
- Le Châtelier, Henry Louis (1850-1936) • 181, 246, 255, 448
- Leeds • 281-287, 292
- Lehrbuch der allgemeinen Chemie* • 181-182, 205, 211, 262-263, 269
- Leiden • 17, 19, 27, 35, 40, 44-45, 47-48, 51-59, 62-63, 80-81, 90, 107, 119, 129, 133, 146, 153, 162, 176, 230, 250, 270, 316-317, 337, 364, 418, 452, 458-460, 462
- Leipzig • 10, 108, 137, 181-182, 215-228, 230-231, 233, 240, 249, 251, 256, 258, 260, 262, 265-267, 269, 273, 279, 281, 287, 295, 338, 349, 352, 407, 436, 454, 456, 463-465

- Leopold Voss (uitgeverij) • 252-255
 Leuckart, Karl Georg Friedrich Rudolf (1822-1898) • 226-228
 Levoir, Lodewijk Carel (1832-1908) • 39, 45, 53
 Liebig, Justus von (1803-1873) • 69-70, 125, 240, 247
Liebig's Annalen der Chemie • 77, 86, 109, 251
 Linnoria • 203
 Lobry van Troostenburg de Bruyn, Cornelis Adriaan (1857-1904) • 317, 326, 338, 372
 Lodewijk Napoleon (1778-1846) • 47
 Lodge, Sir Oliver Joseph (1851-1940) • 206, 210, 212, 280, 281
 Londen • 28-29, 72, 74, 98, 119, 243, 282, 306, 345, 405, 414
 Lorentz, Hendrik Antoon (1853-1928) • 14, 48, 88, 161, 250, 295, 308, 310-311, 313, 319-320, 330, 364, 387-388, 398, 400, 450, 456
 Lorenz, Richard (1863-1929) • 348, 392
 Loschmidt, Johann Josef (1821-1895) • 73
 Löwenherz, Richard (1867-1929) • 352, 358
 Lugano • 323-325, 328
- M.A.C. (Member of the Australian Club) • 89-90, 106
 Maandagavondgezelschap • 107
Maandblad voor Natuurwetenschappen • 102, 107-108, 115, 121, 165
 MacGillavry, Theodorus Hendrik (1835-1921) • 107-108, 121, 154
 Mach, Ernst Waldfried Josef Wenzel (1838-1916) • 345
 Mallinckrodt, Edward (1845-1928) • 386, 427
 Maltby, Margaret Eliza (1860-1944) • 378
 Matthes, Jan Carel (1836-1917) • 308, 315, 318, 320, 325
 Maxwell, James Clerk (1831-1879) • 171, 197, 234, 289
 Mees, Ferrand (1852-1902) • 33, 140-141, 407
 Mees, Govert Jacob (1818-1861) • 140
 Mees, Govert Jacob (1850-1894) • 33-34, 235
- Mees, Gregorius (1697-1763) • 140
 Mees, Marten (1828-1917) • 140-141, 143
 Mendeleev, Dmitri (1834-1907) • 253, 282, 345, 346, 400, 406
 Menschutkin, Nicolai (1842-1907) • 445-446
 Meyer, Lothar (1830-1895) • 187, 196, 217, 237, 251-252, 266, 287, 290-295, 297, 305, 358
 Meyer, Victor (1848-1897) • 98-99, 160, 226
 Meyerhoffer, Wilhelm (1864-1906) • 250, 337-338, 352, 357-358, 364, 368-371, 376, 419, 422
 Middelharnis • 26, 28-29, 435
 Miller, Oskar von (1855-1934) • 414-418, 436
 Miller, Wilhelm von (1848-1899) • 101
 mineraal/mineralen • 204, 271, 353-357, 363, 365-367, 446
astrakaniet • 203-204, 352, 362
carnalliet • 355-357, 364, 369
kieseriet • 361, 369
langbeiniet • 365
vanthoffiet • 365-366, 446
 mineralogie • 128, 130, 133, 141-142, 149, 216, 236-237, 240-241, 364
 Mitscherlich, Eilhard (1794-1863) • 177-178
 Mittag-Leffler, Gösta (1846-1927) • 401-402
 Moissan, Henri (1852-1907) • 240, 248
 Molengraaff, Gustaaf Adolf Frederik (1860-1942) • 149, 237, 241, 366-367, 420-421
 Moltzer, Jacob Pieter (1850-1907) • 226, 232
 Moore, James • 12
 Moore, Thomas (1779-1852) • 52
 Mulder, Eduard (1832-1924) • 36, 78-79, 82, 88, 100, 105-106, 115, 146, 161, 201, 313, 371, 461-462
 Mulder, Gerrit Jan (1802-1880) • 54, 94, 106, 125-127, 145, 233, 240, 372
 München • 104, 156, 224-225, 237, 367, 375, 415, 417-418, 432, 436-437
- Napels • 41, 68, 420-422, 429
 Naturforscherversammlung • 76, 188, 234, 348, 353, 427

- Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig
Congres • 215, 231, 262, 418, 456
- Nederlandsche Chemische Vereeniging •
230, 310, 447, 452
- Nef, John Ulric (1862-1915) • 375, 378,
382-383, 393
- Nernst, Walther (1864-1941) • 156, 176,
206-208, 216, 267-271, 273, 279, 281,
290, 300, 310, 326, 345, 348-349, 367,
378, 429-433, 444, 448, 467
- Neumann, Franz Ernst Christian (1834-
1918) • 266
- Neustadt • 321
- New York • 143, 377-378, 386, 430
- Niagara-watervallen • 380-381
- Nieuwe Rotterdamsche Courant* • 27, 62,
219, 329
- Nieuwe Waterweg* • 28, 140
- Nikolassee • 430-431, 433
- Nobelcomité • 390-396
- Nobelinstituut • 7, 349, 400-402
- Nobelprijs • 9, 14-17, 20, 23, 35, 191-192,
208, 260, 262, 271, 310, 361, 372, 389-
391, 393-395, 397-403, 405, 408, 410,
424-425, 444, 453-454
- Nordisk Revy* • 182
- Nye, Mary Jo • 264
- Ochsenius, Carl-Christian (1830-1906) •
356
- Odhner, Clas Theodor (1836-1904) • 396
- Ohlsdorf crematorium • 405, 447
- Oosterbeek • 36, 50, 56, 141-142, 459
- optische activiteit • 17, 75, 84-85, 92-94,
96, 100-101, 155, 161-162
linksdraaiend molecuul • 75, 85, 93, 97-
98, 100, 103
rechtsdraaiend molecuul • 75, 79, 93,
97-98, 100, 103
- Orde Pour le Mérite für Wissenschaften
und Künste • 306, 311, 352
- Ordre National de la Légion d'Honneur •
246, 399
- Organiek Besluit • 48, 50, 120, 145
- organische chemie • 34, 38, 54, 63-64, 69,
70, 80, 103, 123, 154-155, 171, 230, 235,
251, 263-264, 267, 309, 326, 347-348,
374-375
- osmose • 177-178, 192-194, 291-292
- osmotische druk • 17, 177, 192-193, 196-
198, 200, 207, 209-210, 214, 237, 244,
283, 288-289, 291-292, 295-296, 373,
384, 392-393, 396, 399, 446
- Ostwald, Wilhelm (1853-1932) • 16, 19,
123, 155, 172, 176, 181-182, 187-191, 205-
213, 216-218, 222-225, 231, 233-235, 238,
247, 250-286, 288, 292-296, 305, 337-338,
345, 349, 352-353, 367-368, 387, 400, 408,
412-413, 426, 436, 448, 454, 463, 466-468
- Ottenhöfen • 316, 321
- Oudemans jr., Antoine Corneille (1831-
1895) • 36, 38, 53-54, 161, 180, 202,
228-229
- Oudemans, Cornelis Antoon Jan Abraham
(1825-1906) • 124, 223, 228
- Oudemans, Jean Abraham Chrétien
(1827-1906) • 228
- overgangspunt • 179, 247, 296, 352, 363, 453
- overgangstemperatuur • 174, 179, 204, 384
- oxidatie • 203, 247, 351, 360
- Pais, Abraham (1918-2000) • 17
- Pander, Jacobs Pier (1864-1919) • 450
- Parijs • 19, 40-41, 64-65, 67-68, 75, 78, 80,
82, 92, 96, 98, 100, 105, 110, 115, 135, 143,
217, 224-225, 235-236, 243-246, 248, 306,
343, 346, 407, 414, 458-459, 462, 465
- Pasteur, Louis (1822-1895) • 75, 86, 93-94,
96-97, 100, 231, 236, 318, 465
- Paterno, Emanuele (1847-1935) • 288
- Pekelharing, Cornelis Adrianus (1848-
1922) • 373
- Pettersson, Sven Otto (1848-1941) • 182-
184, 187, 189, 199-202, 205, 253, 392-394,
396
- Pfaundler, Leopold (1839-1920) • 168, 171,
263, 266
- Pfeffer, Wilhelm Friedrich Philipp (1845-
1920) • 177-178, 198, 208, 288, 293-294
- Physikalische Verein • 427-428
- Physikalisch-Technische Reichsanstalt •
300, 349, 359, 361
- Piaget, Édouard (1817-1910) • 33
- Pickering, Edward Charles (1846-1919) •
385
- Pickering, Percival Spencer Umfreville
(1858-1920) • 282-286
- Pincoffs, Lodewijk (1827-1911) • 143

- Plaats, Jan Daniël van der (1856-1910) • 86, 110, 151
- Place, Thomas (1842-1911) • 215, 219, 221-223
- Planck, Max Karl Ernst Ludwig (1858-1947) • 12, 114, 176, 210-213, 268, 274-275, 278-279, 290, 295, 297, 299, 301, 303-304, 308, 315, 324, 363, 409, 449, 467
- polarisatie • 75, 97-98, 100, 147
- Polytechnische School • 34, 36, 43, 124, 161, 180, 247, 326, 338
- Popper, Sir Karl Raimund (1902-1994) • 140
- positivisme • 14, 39, 114
- Precht, Heinrich (1852-1924) • 358, 362-365
- principe van het bewegelijk evenwicht • 175, 181, 340, 466
- principe van Le Châtelier • 466
- Propria Cures • 239
- Prudhomme, Sully (1839-1907) • 395
- Pupin, Mihajlo Idvorski (1858-1935) • 289-291
- Ramberg, Peter • 16
- Ramsay, Sir William (1852-1916) • 279-282, 284-285, 287, 292, 392, 400, 403, 410, 448, 467
- Raoult, François-Marie (1830-1901) • 190, 194-196, 198, 200, 208-210, 255, 278, 364, 405
- Rayleigh, John William Strutt, 3rd Baron (1842-1919) • 295, 306, 400
- reactiesnelheid • 157, 159, 172-173, 181, 188, 192, 244, 263, 268, 351
- Recueil des Travaux Chimiques des Pays Bas* • 81, 161, 180, 229, 230, 255-257, 463
- Reicher, Lodewijk Theodorus (1857-1943) • 15, 153, 167, 174-175, 179, 203-204, 231, 237-238, 244, 247, 276-277, 337, 371
- Rhijn, Dirk van (1745-1817) • 124-125
- Richards, Theodore William (1868-1928) • 345, 376, 378, 384-385, 409, 448
- Riga • 181, 191, 205, 216, 224, 253, 265, 273
- Rijke, Pieter Leonard (1812-1899) • 40, 52-53, 55
- rijkslandbouwproefstations • 147, 248, 342
- Rijksmuseum Boerhaave • 14, 17, 44
- Rijksveeartsenijschool • 86, 107-108, 110, 112, 120, 122, 151, 153-154, 157, 165
- Rocke, Alan • 13, 77, 114
- Rockefeller Sr., John Davison (1839-1937) • 383
- Rodin, François Auguste René (1840-1917) • 41
- Roetersstraat • 238-239, 299
- Romburgh, Pieter van (1855-1945) • 373-374
- Rome • 41, 68, 217
- Romeny, Johannes (1851-1940) • 153
- Röntgen, Wilhelm Conrad (1845-1923) • 394-395
- Roorda Smit, Jelle Albertus (1850-1933) • 89-90
- Root-Bernstein, Robert Scott • 15, 187, 210
- Rosenstiehl, Daniel Auguste (1839-1916) • 196
- Rosenthal, Baron George (1828-1909) • 240, 248, 307
- Rotterdam • 17, 19, 26-28, 30-32, 34-35, 37, 40-41, 44, 50, 55-56, 58, 61, 63-64, 82, 94, 97-98, 104-105, 133, 137, 140-141, 166-167, 223, 234, 255, 282, 329, 335-339, 375-376, 385, 398, 405, 421, 433-434, 440-441, 443, 451-452, 457, 460-461
- Royal Institution • 74
- Royal Society • 121, 139, 243, 343, 345, 399, 429
- Royer, Clémence Augustine (1831-1902) • 398-399
- Rubner, Max (1854-1932) • 440
- Rudolphi, Max (1871-1926) • 277
- s'Jacob, Frederik Bernard (1850-1935) • 34, 338
- Saint-Gilles, Léon Péan de (1832-1863) • 157-158, 466
- San Giuseppe • 420-421
- Sande Bakhuyzen, Hendricus Gerardus van de (1838-1923) • 228, 309-313, 316-317, 323, 325, 329
- Schaffhausen • 50, 321
- Scheele, Carl Wilhelm (1742-1786) • 75, 124
- Schulze, Franz Eilhard (1840-1921) • 440
- Schuster, Sir Franz Arthur Friedrich (1851-1934) • 429

- Schwab, Leonhardt Conrad (1855-?) • 38, 167, 173, 175, 203, 244
- Sedan • 44
- Selenka, Emil (1842-1902) • 51
- Senaat van de Universiteit van Amsterdam • 124, 225, 231-232, 306
- Shakespeare, William (1564-1616) • 40-41, 49
- Slaby, Adolf Karl Heinrich (1849-1913) • 402-403
- Snelders, H.A.M. • 14, 16, 361
- Snellen van Vollenhoven, Samuel Constantinus (1816-1880) • 36
- Snyder, Charles David (1871-1973) • 430-431, 433, 438-439
- Snyder-van 't Hoff, Aleida Jacoba (1882-1971) • 16, 166, 320, 322, 336, 370, 419, 422, 430-433, 435, 438-439, 442
- Société Chimique de Paris • 88, 92-93, 96, 105, 243
- Söderqvist, Thomas • 15
- sollicitatie in Breda • 105
- Spring, Walther (1848-1911) • 60, 96, 107, 255
- Springer, Jacobus Bernardus (1854-1922) • 237
- St. Louis • 386, 387, 427
- Staalhof • 125
- Staalstraat • 125-126
- Stadhouderskade • 166, 234, 320
- Stadt, Hendrik Justus van de (1868-1954) • 247
- Stassfurt • 204, 260, 271, 344, 352-355, 357-358, 361-363, 365-367, 369, 383, 446
- Steglitz • 443, 445, 447
- stereochemie • 17, 94, 104, 107, 113, 337, 342, 352, 399, 409
- Stockholm • 183, 187, 200-201, 205, 217, 249, 265, 275, 282, 310, 346, 349, 389, 392, 394, 397-398, 401
- Stoeder, Willem (1831-1902) • 129, 131
- Stokvis, Barend Joseph (1834-1902) • 215-216, 231, 307-308
- Straatsburg • 98, 141-142, 154, 165, 224-225
- Stralsund • 394, 397
- structuurtheorie • 16, 59, 71-72, 92, 108, 112-113
- Struve, Otto Wilhelm von (1819-1905) • 402
- Stühlingen • 321
- styrokamfer • 100-101
- styrol • 100-101, 103, 162
- suiker • 38, 75, 148, 193, 312, 356-357, 442
- Suikercommissie • 149, 203, 237, 317, 371, 443
- suikerconcentratie • 148, 192
- suikerfabriek • 37-38, 45, 147-148
- suikermonsters • 37, 147-148
- suikeroplossing(en) • 147, 177-178, 192, 293
- Sülzhayn (sanatorium) • 423, 432-433, 437
- Suringar, Willem Frederik Reinier (1832-1898) • 51, 53
- Tait, Peter Guthrie (1831-1901) • 139
- Tammann, Gustav Heinrich Johann Apollon (1861-1938) • 348, 468
- tartraat • 75, 94
- tetraëder • 84, 92-94, 99, 104-105, 113, 123, 340
- Teylers Museum/Stichting • 415, 417
- Thalén, Tobias Robert (1827-1905) • 183, 187-188, 393
- theorie van de vaste oplossingen • 288
- theorie van de verdunde oplossingen • 16, 273, 278, 280, 409
- thermochemie • 169-170, 176-177, 190, 264, 267-268, 420
- thermodynamica • 17, 169-170, 173, 176, 179, 182, 211, 268, 393, 409, 426
- Thoms, Hermann Friedrich Maria (1859-1931) • 443
- Thomsen, Hans Peter Jørgen Julius (1826-1909) • 159, 169-170, 172, 187, 251-252, 265, 268, 345
- Thomsen-Berthelot-principe • 170, 175-176, 190, 211, 340
- Thorbecke, Johan Rudolph (1798-1872) • 27-28, 31-32, 36, 452
- Tienhoven, Gijsbert van (1841-1914) • 120-121, 123, 220, 224
- Tjaden Modderman, Rudolph Sicco (1831-1924) • 54, 79, 95, 106, 127, 243, 462
- Tours, Barbara Adriana (1793-1871) • 30
- Traube, Isidor (1860-1943) • 196-197, 252-254
- Trelleborg • 394

- Tweede Gouden Eeuw • 14
 Tweede Hoofdwet • 170, 172, 176, 211
 Tyndall, John (1820-1893) • 139
- Uhlandstrasse • 335, 351, 368, 404
 Universiteit van Amsterdam • 9, 19, 98,
 123, 127, 133, 146, 177, 220, 242, 249, 274,
 307, 327, 341
 Universiteitsvereniging • 240, 308, 311-
 313, 315, 318, 320, 328, 371, 464
 Uppsala • 183, 186-190, 205, 265, 275, 391-
 393
 Urech, Friedrich (1844-1904) • 181
 Utrecht • 9, 19, 34, 36, 50, 54, 64-65, 68,
 77-79, 82, 86, 88-90, 92, 94-95, 97, 101,
 105-107, 109-110, 115, 119, 121-123, 126-
 127, 131, 145-146, 154, 157, 163, 165, 198,
 221, 227-228, 233, 247-249, 262, 270,
 310, 313, 337, 342, 354, 371-372, 374, 387,
 395, 443, 446, 450, 456, 458, 462
- valentie • 71-73, 93, 109, 154-156
 Van Rijn van Alkemade, Abraham
 Cornelis (1859-1936) • 364
 Van 't Hoff Fonds • 450, 453
 Van 't Hoff-monument • 451-453
 Vauquelin, Louis-Nicolas (1763-1829) •
 136-137
 Vening Meinesz, Sjoerd Anne (1833-
 1909) • 243, 306, 313
 verbeeldingskracht • 18, 88, 108, 113, 134-
 139, 163-164, 230, 324, 382, 409, 451,
 461, 463
 Verdam, Gideon Jan (1801-1866) • 51-52
 verdunningswet van Ostwald • 273-277,
 323, 466
 Vesuvius • 420-422, 429
 Vieweg (uitgever) • 103, 153-154, 323, 338,
 354, 442, 447, 463
 Vogel, Hermann Carl (1841-1907) • 401-
 402
 Volta, Alessandro Giuseppe Antonio
 Anastasio (1745-1827) • 184, 267-268
 Voorstel • 16, 69, 77-79, 83-86, 88, 90, 92-
 95, 98-101, 155, 160, 165, 187, 233-234,
 337, 341, 410, 418, 444, 462-463
*Vorlesungen über Bildung und Spaltung
 von Doppelsalzen* • 360
*Vorlesungen über theoretische und
 physikalische Chemie* • 150, 354
 Vries, Hugo de (1848-1935) • 14, 121, 129,
 177, 192-194, 198, 208, 210, 219, 226, 326,
 384, 387, 397, 446, 453, 456
 vriespuntsverlaging • 194, 200, 207, 209,
 214, 278-279, 283, 288
- Waage, Peter (1833-1900) • 157-159, 169-
 170, 182, 186, 199-200, 202, 211, 466
 Waals, Johannes Diderik van der (1837-
 1923) • 14, 35, 48, 88, 115, 128-129, 161,
 164, 202, 221, 223, 229, 234, 248, 291-
 292, 326, 338, 456
 Walden, Paul (1863-1957) • 197
 Walker, James (1863-1935) • 156, 180, 282,
 287, 449
 Wallach, Otto (1847-1931) • 223
 Warburg, Emil Gabriel (1846-1931) • 300,
 302, 304
 Washington • 367, 376, 379, 382, 387, 430
 Weesen • 320, 323, 354
 Wenen • 191, 352-353, 358, 419-420, 438
 Wereldtentoonstelling • 235, 386
 Wertheim, Abraham Carel (1832-1897) •
 307, 311, 315, 318-320, 323-325, 328
 Westfall, Richard S. • 13
 Wet op het Hoger Onderwijs • 119-120,
 128, 145, 305, 456
 wet van Avogadro • 171, 195, 289
 wet van Boyle • 195-196, 198
 wet van Guldberg en Waage • 157, 159,
 199, 466
 wetenschappelijke discipline(s) • 36, 123,
 145, 252, 269, 272, 391, 454-455
 Whewell, William (1794-1866) • 39-40,
 185
 Wiedemann, Eilhard (1852-1928) • 278-279
 Wiedemann, Gustav Heinrich (1826-
 1899) • 216, 218-219, 257, 262, 265-266,
 278
 Wijk, Charles Hendrik Marie van (1875-
 1917) • 451
 Wijs, Jacob Jan Alexander (1864-1942) •
 244-245
 Wilhelm Engelmann (uitgeverij) • 254, 257
 Wilmersdorf • 335, 337, 351-352
 Winkler, Clemens Alexander (1838-1904) •
 218
 Wislicenus, Johannes (1835-1902) • 74-78,

- 98, 103, 109, 111-112, 114, 216, 218-219, 223, 226-228, 233, 407, 467
- Wöhler, Friedrich (1800-1882) • 70, 72, 114, 153, 266
- Wurtz, Charles Adolphe (1817-1884) • 13, 65, 67-68, 73-74, 80, 92, 96, 98, 110-111, 115, 121, 162, 225, 240, 458
- Wüste, J.R. • 242
- Zeeman, Pieter (1865-1943) • 14, 398, 400, 448
- Zeist • 19, 29, 447
- Zeitschrift für Elektrochemie* • 271
- Zeitschrift für physikalische Chemie* • 123, 212-213, 229, 231, 237, 252, 254-265, 268, 271, 273-274, 279, 281, 289-290, 294, 323, 454, 463-464
- Zirkel, Ferdinand (1838-1912) • 216, 228
- zoölogie • 34, 51, 69, 86, 240, 437, 440
- zoologisch onderzoeksstation (Helgoland) • 437, 440
- zoologisch onderzoeksstation (Napels) • 438, 440
- Zott, Regine • 16
- zout(en) • 18, 70, 97, 152, 177-178, 184-185, 192-194, 196, 207, 209-210, 212-213, 246, 260, 262, 268, 271, 274-275, 278, 281-282, 284, 289, 341, 347, 351-352, 354-358, 360, 362, 365, 383, 393, 419, 428, 453
- Abraumsalze • 354-355
- ammoniumzout • 98
- dubbelzout(en) • 203-204, 244, 247, 323, 344, 352, 354-356, 363, 366
- kalisalpeter • 355
- kalizouten • 355, 365
- keukenzout • 70, 207-208, 354, 356
- potas • 355
- steen-zout (keukenzout) • 354-357
- zoutafzettingen/Salzablagerungen • 352, 354-356, 361, 363-364, 366, 394, 408, 467
- zoutindustrie • 204, 260, 271, 344, 362, 364-365
- kali-industrie • 18, 354, 362-363, 365, 369, 383
- zoutlagen • 204, 352, 355, 365
- zoutonderzoek • 247, 358, 362-364, 367-368, 383, 392, 408, 430, 441, 446
- zoutoplossing(en) • 178, 183-184, 188, 192, 207, 212, 279-280, 383
- Zürich • 78, 323, 348, 392
- zuur/zuren • 71, 75, 93, 157-159, 184-186, 188, 207, 244, 257, 273, 281-282, 445
- appelzuur • 79, 96-98, 105
- asparaginezuur • 96-97
- azijnzuur • 70-72, 276
- barnsteen-zuur • 100
- boterzuur • 276
- cyaanazijnzuur • 88
- druivenzuur • 97
- fumaarzuur • 85-86, 103
- maleïnezuur • 85-86, 96, 103
- malonzuur • 88
- melkzuur • 70, 74-77, 85, 93, 114
- wijnsteen-zuur • 75, 97
- zwakke zuren • 273, 275, 277
- zwavelzuur • 39, 73, 280, 282-283
- zwaartekracht • 155-156, 169
- Zwarte Woud • 19, 46, 48-50, 56, 277, 299, 305, 308, 313, 320, 322, 443
- Zwijndrechtse Waard • 23-25

Curriculum vitae

Rob van den Berg werd geboren op 16 september 1961 in Rotterdam. Van 1979 tot 1984 studeerde hij scheikunde aan de universiteit van Leiden, waar hij op 24 maart 1988 promoveerde bij prof. dr. J.H. van der Waals op een proefschrift getiteld *Excited state dynamics of molecules and ions in organic glasses at low temperature*. Na een verblijf van twee jaar als postdoc aan de University of California, Los Angeles, trad hij in dienst van het Koninklijke/Shell-Laboratorium in Amsterdam. Sinds 2015 heeft hij aan de Universiteit Leiden onderzoek gedaan naar het leven en werk van de Nederlandse chemicus en eerste Nobelprijswinnaar Scheikunde Jacobus Henricus van 't Hoff. Dat onderzoek wordt beschreven in dit proefschrift.

