



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).

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 Hoffs 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 fign-tjes op dat Van 't Hoff geen idee had wat zijn vermeend optische actieve ver-binding wel zou kunnen zijn. Hij had zijn eigen experimenten nog eens over-gedaan 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 daar-van 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 gesynthe-tiseerd, 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 ele-menten 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 ge-meengoed 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 volgen-de verzuchting: 'Geschiktheid voor theoretische bespiegelingen durven wij ons daarentegen niet geheel ontzeggen, 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 kennis-geving 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: 'Hooft 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-

reren'. 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.