



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).

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 oplossingen⁶ 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 (geweest), 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 onderstrepnd 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