

Techniek in Nederland *in de* TWINTIGSTE EEUW

II

DELFSTOFFEN
ENERGIE
CHEMIE

Deel 3
Chemie
Hoofdstuk 3
Incl. noten

Schilderij van de Delftse hoogleraar organische scheikunde Jacob Böeseken (1868-1949), met achter hem - naast glaswerk - een molecuulmodel van een cyclohexaanderivaat in de zogeheten 'bootvorm'. Böeseken, die S. Hoogewerff opvolgde als hoogleraar, specialiseerde zich in de stereochemie van cyclische koolstofverbindingen. Hij onderhield nauwe banden met het bedrijfsleven en

was onder andere adviseur of commissaris van Anton Jurgens' Vereenigde Fabrieken, de Fabriek van Chemische Producten (Vondelingenplaat), de Industriële Maatschappij Noury & Van der Lande in Deventer, de Chemische Fabriek L. van der Grinten in Venlo en de Nederlandsche Kininefabriek in Maarsen.



Chemici, hun kennis en de industrie

Kennisverwerving tegen wil en dank: de Nederlands-Indische petroleumindustrie, 1890-1915

De opmars van de Delftse technologen

Academisch advies en onderzoek voor de industrie

De oprichting van onderzoekslaboratoria in de industrie

Een opvallend verschil tussen de negentiende-eeuwse en de twintigste-eeuwse chemische industrie betreft de mate waarin chemici werden ingezet, zowel in de productie als in de research. Was het in de negentiende eeuw al bijzonder als een chemische fabriek één academische chemicus in dienst had, een eeuw later zijn bedrijven waar tientallen chemici werken bepaald geen uitzondering. Hoe en waarom de chemische industrie ertoe overging om steeds zwaarder te steunen op wetenschappelijk en technisch onderzoek, zal in dit hoofdstuk aan de orde komen. We beperken ons daarbij tot de periode vóór de Tweede Wereldoorlog en analyseren vooral de eerste stappen die in deze nieuwe richting werden gezet.¹

Aan het begin van de twintigste eeuw waren het vooral hoogleraren in de scheikunde die benadrukten dat de inschakeling van hoogopgeleide chemici en het doen van wetenschappelijk onderzoek voor de chemische industrie absoluut noodzakelijk waren. Hun pogingen de industrie meer kennisintensief te maken, kunnen worden gezien als onderdeel van een streven tot versterking van de eigen professie, en meer in het bijzonder als acties om hun leerlingen aan een geschikte baan te helpen. Dit was echter slechts één van de factoren die een rol speelden bij het kennisintensiveren van de industrie. Andere factoren waren bijvoorbeeld de technologische ontwikkelingen en de invloed die uitging van (buitenlandse) concurrentie. In dit hoofdstuk passeren enkele van deze factoren de revue wanneer we het proces proberen te reconstrueren waarin en waardoor de chemische industrie en de chemische techniek in Nederland kennisintensiever werden, culminerend in de oprichting van de eerste industriële *research*- of onderzoekslaboratoria.²

In enkele takken van de chemische industrie in Duitsland, met

name die van de synthetische kleurstoffen, was reeds in de negentiende eeuw een intensieve wisselwerking tussen laboratoriumonderzoek en productie ontstaan.³ Al dan niet terecht werd de voorsprong van de Duitse organisch-chemische industrie hieraan toegeschreven en werden er conclusies aan verbonden over het belang van wetenschappelijk onderzoek. Zowel in Nederland als elders waren de ervaringen tijdens de Eerste Wereldoorlog belangrijk om deze gedachten te verankeren en om te zetten in concrete actie. De oorlog vormde in meer opzichten een waterscheiding (zie hoofdstuk vier). Verscheidene chemische bedrijven in Nederland richtten toen een onderzoekslaboratorium op. Daar was echter al een periode aan voorafgegaan waarin Delftse scheikundige ingenieurs in toenemende mate een rol gingen spelen binnen de industrie.

Kennisverwerving tegen wil en dank: de Nederlands-Indische petroleumindustrie, 1890-1915

Een van de eerste sectoren in Nederland waarin chemische en procestechnologische kennis op grote schaal een rol speelde, was de aardolie-industrie. Hoewel niet strikt tot de chemische industrie behorend, is dit voldoende reden om nader bij de ontwikkeling van wat toen de petroleumsector heette stil te staan. Een tweede reden vormt de uitzonderlijk goede kwaliteit van de bewaard gebleven archieven. Deze maakt het mogelijk om in detail te reconstrueren hoe en waarom bepaalde chemische kennis werd verworven. Archieven van andere bedrijven laten vaak wel de einduitkomsten van zulke ontwikkelingen zien, maar slechts

zelden de omstandigheden en overwegingen die daartoe leidden. De geschiedenis van de petroleumsector biedt zo de unieke mogelijkheid te onderzoeken hoe de bedrijven met vallen en opstaan leerden in wetenschappelijk opzicht op eigen benen te staan. Bij de oprichting van de eerste twee Nederlands-Indische petroleumondernemingen was het aanstellen op grote schaal van eigen academici en technici niet aan de orde. Integendeel, zowel de in 1887 opgerichte Dordtsche Petroleum-Maatschappij als de drie jaar later gestichte 'Koninklijke' baseerde zich volledig op buitenlandse technologie. Alle essentiële apparatuur voor boringen, winning en raffinage werd uit Engeland en – met name – Amerika aangevoerd. Men trok Amerikaanse raffinadeurs aan om de verwerking van de ruwe olie op te starten en gedurende jaren te leiden. Latere ondernemingen als de Petroleum Maatschappij Moeara Enim en de Petroleum Maatschappij Moesi Ilir namen Russische raffinadeurs in dienst. Vanuit die startpositie van vrijwel volledige afhankelijkheid van buitenlandse kennis ontwikkelden de Dordtsche en de Koninklijke zich op verschillende wijzen doordat het leidinggevend kader én – minstens zo belangrijk – de aard van de gewonnen petroleum verschilden.⁴

De op Java gevestigde Dordtsche stond onder leiding van de in Delft opgeleide mijnningenieur A. Stoop, die een uitvoerige studie van de Amerikaanse aardolie-industrie had ondernomen. Hij ontdekte al in een vroeg stadium dat zijn Javaanse oliebronnen petroleum opleverden waaruit, naast het hoofdproduct lampolie, ook paraffine en smeerolie konden worden gemaakt. Deze producten waren echter veel lastiger te produceren dan lampolie, dat door simpele destillatie werd bereid. Na in 1896 een van de Koninklijke afkomstige Duitse scheikundig ingenieur met de bouw van de eerste paraffinefabriek te hebben belast, trok Stoop tussen 1897 en 1901 maar liefst vier Delftse 'technologen' aan – zoals de ingenieurs uit Delft toen heetten – om de lastige paraffine- en smeerolie-fabricage onder de knie te krijgen (zie tabel 3.1). Daarmee werd de Dordtsche in één klap de grootste Nederlandse werkgever van scheikundige ingenieurs. De eerste van die vier Delftse technologen, Daniël Pijzel, stuurde hij voor maanden op studiereis naar Galicië (in het huidige Polen en de Oekraïne) om de aldaar gevestigde paraffine-industrie nauwkeurig te bestuderen.⁵

Geheel anders was de situatie voor de in Pangkalan Brandan op Noord-Sumatra werkzame Koninklijke. De daar gewonnen aardolie was arm aan grondstoffen voor paraffine en smeerolie. Omdat bovendien een uitstekende kwaliteit lampolie werd verkregen, was er geen enkele reden voor de Koninklijke zich aan de fabricage van deze twee lastige producten te wagen. Ook op het terrein van de bedrijfsleiding waren er verschillen. J.B.A. Kessler sr., die vanaf eind 1892 de scepter zwaaide, had een achtergrond in de handel en niet de gedegen technische scholing van Stoop. Op wetenschappelijk en technisch gebied moest hij daarom sterk leunen op extern advies. Het Delftse ingenieursbureau van H. en

F. van Heumen en later het Weense technische bureau van A. von Gröling werden de vaste advies- en ontwerp bureaus van de Koninklijke. Voor chemische adviezen en analyses ging men te rade bij het 'Proefstation voor Bouwmaterialen en Bureau voor Chemisch Onderzoek Koning & Bienfait' of bij dé Europese autoriteit op aardoliegebied, professor Karl Engler van de technische hogeschool in Karlsruhe.⁶

In die tijd was het inschakelen van particuliere en universitaire laboratoria niet ongebruikelijk. Ook bedrijven als Jurgens (één van de voorlopers van Unilever) en L. van der Grinten besteedden onderzoek dat meer dan routinematig was uit aan particuliere laboratoria als die van Koning & Bienfait en van Boldingh en Van der Heide in Amsterdam, aan het Chemisch-Technisch Laboratorium Lamers & Indemans in Den Bosch en het laboratorium Schalkwijk en Penning in Rotterdam. Zulke laboratoria deden veel materiaalonderzoek en analyses, met name van kina, suiker, plantaardige oliën en vetten en bouwmaterialen.⁷ Dat Kessler ook met Engler contact opnam, kwam omdat hij zijn al weldra internationaal verhandelde lampolie van een onbetwistbaar kwaliteitsoordeel wilde voorzien. Gesteund door diens autoriteit kon Kessler de marketing van zijn product met vertrouwen tegemoet zien. Toen de Delftse hoogleraar S. Hoogewerff (1847-1934) jaren later het petroleumonderzoek in Delft op gang had gebracht, constateerde hij nog steeds met spijt:

'Tot nu toe heeft Nederland in het wetenschappelijk onderzoek van de petroleum zeer weinig gedaan. Ik laat in het midden hoe dit te verklaren, misschien te verontschuldigen is (..) maar het feit moet erkend worden: de Nederlandsch-Indische petroleumsoorten zijn meerendeels in het laboratorium van Engler te Karlsruhe onderzocht'.⁸

Kessler richtte ook in zijn personeelsbeleid zijn ogen aanvankelijk naar Duitsland. Dit spoorde goed met de toen betrekkelijk algemeen onder Nederlandse ondernemers heersende mening dat de Duitse opleidingen hun leerlingen beter op de praktijk voorbereidden dan de Polytechnische School in Delft. De Nederlander P.H. van Groningen, die aan de Technische Hochschule in Brunswick had gestudeerd, werd bijvoorbeeld pas naar de Oost uitgezonden nadat Kessler hem korte tijd naar het laboratorium van Engler in Karlsruhe had gestuurd. Van Groningens opvolger A. Würthle was zelfs een leerling van Engler, met tevens enige jaren praktijkervaring in de Duitse chemische industrie (zie tabel 3.1). De afstand tussen laboratorium en bedrijf bleek echter groot te zijn. Het ontbrak beide technologen aan ervaring met de praktijk van het aardoliebedrijf. Kesslers plan om met hun aanstelling 'wetenschappelijke' verbeteringen in zijn raffinaderij door te voeren en de ladingsgewijze Amerikaanse destillatietechniek door de modernste continue destillatietechnieken te vervangen, liep op een

Tabel 3.1: *Technologen en chemici in dienst van Nederlands-Indische petroleummaatschappijen, 1890-1914*

In dienst gekomen	Naam	Studie	Startfunctie
Koninklijke (en dochtermaatschappijen)			
1892 (aug.)	P.H. van Groningen	B	technoloog te Pangkalan Brandan (Noord-Sumatra)
1893 (mrt.)	A. Würthle	B	raffinaderij en laboratorium Pangkalan Brandan
1895 (okt.)	W.L. Sluysman van Loo	T	laboratorium Delft/Den Haag
1902 (okt.)	A. Flachs	B	bedrijfsleider benzineraffinaderij Reisholz (Duitsland)
1903c	P. Schreckenberger	B	chemicus/bedrijfsleider benzineraffinaderij Reisholz
1904 (okt.)	A. Coster van Voorhout	T	laboratorium paraffinefabriek Pangkalan Brandan
1906 (apr.)	W.C. Knoops jr.	T	laboratorium Schiedam
1906 (okt.)	D. Pijzel	T	technisch bureau Den Haag
1907 (juni)	R.E. Robinson	B	laboratorium Schiedam/proeffabriek Pernis
1907 (juli)	M.J.C. Groeneveld	T	laboratorium Schiedam/proeffabriek Pernis
1907c A.L.	Dijkstra	T	technoloog te Ploesti (Roemenië)
1908 (jan.)	J.E.F. de Kok	T	(ass.?) bedrijfsleider benzineraffinaderij Rotterdam
1908 (feb.)	J.G. Pouw	T	technische dienst Pangkalan Brandan
1908 (mrt.)	W.J. Burck	T	laboratorium paraffinefabriek te Pangkalan Brandan
1908 (apr.)	J.D.C. Camper Titsingh	B	scheikundige te Bagoes Koenig (bij Palembang)
1908c	J.S. Gallay	T	technoloog te Ploesti (Roemenië)
1909 (jan.)	J.U. de Kempenaer	MTS	laboratorium Schiedam
1909 (mrt.)	E.A.F. Schoevers	U?	scheikundige te Balik Papan (Borneo)
1909 (mrt.)	W.O. Thaarup van Tienen	T	laboratorium Schiedam
1909 (juli)	H. van der Waerden jr.	T	Den Haag/Pangkalan Brandan studie kaarsenfabricage
1909 (dec.)	J. van Rijn van Alkemade	T	laboratorium Weltevreden (bij Batavia)
1909 (dec.)	C.J.M. Milo	T	laboratorium Rotterdam
1910 (feb.)	J.F.P. Schönfeld	T	laboratorium Weltevreden/scheikundige Bagoes Koenig
1910 (apr.)	D. Kogan	B	bedrijfsleider smeeroliefabriek Pladjoe (bij Palembang)
1910 (okt.)	R. Wischin	B	laboratorium Weltevreden?
1910 (nov.)	W.C. de Leeuw	U	assistent-bedrijfsleider benzineraffinaderij Rotterdam
1910 (nov.)	G.J.L. Caviët	T	technoloog te Pangkalan Brandan
1911 (jan.)	I.J.F. Reydon	T	benzineraffinaderij Rotterdam
1911 (mei)	P. Caland	U	laboratorium Rotterdam
1911c	J.E. Quintus Bosch	?	laboratorium Rotterdam
1911 (sep.)	F.J. Nellensteyn	T	laboratorium (?) Rotterdam
1911 (sep.)	W.C. van der Schalk	?	laboratorium Rotterdam
1911 (okt.)	W. Meijeringh	T	chef laboratorium te Ploesti (Roemenië)
1912c	A.E.M. Nix	T	technoloog in Indië
1913 (mei)	M.C. Bastet	T	technoloog nitreerfabriek Reisholz
1913 (juni)	H.J. Poelvoorde	T	assistent-bedrijfsleider benzineraffinaderij Rotterdam
1913c	V. Henny	B	laboratorium Rotterdam/Amsterdam
1914 (feb.)	G.J.J. Valette	B	laboratorium Amsterdam
1914 (apr.)	L. Singer	B	bedrijfsleider smeeroliefabriek Monheim (Duitsland)
1914c	E.J. Bourgeois	?	laboratorium Amsterdam
1914c	M.L.A.A. König	T?	laboratorium Amsterdam
1914c	S. de Levy	?	laboratorium Amsterdam
Dordtsche (1911)			
1896	A. Würthle	B	paraffinefabriek en laboratorium te Tjepoe, Midden-Java
1897 (aug.)	D. Pijzel	T	opleiding Galicië/paraffinefabriek te Tjepoe
1899 (okt.)	A. Wurfbaun	T	technische dienst te Tjepoe
1900 (dec.)	M.A. de Jong	T	technoloog te Wonokromo
1901	E.H. van Eibergen Santhagens	T	technoloog te Wonokromo?, bij Soerabaja
1905c	F. Keeman	T	technoloog
1908 (nov.)	E.L. Masthof	T	paraffinefabriek te Tjepoe
1910c	Engelke	U?	smeeroliefabriek Tjepoe
Moeara Enim (1904)			
1898c	A.V. Ragousine jr.	B	bouw raffinaderij Pladjoe (bij Palembang)
1904 (jan.)	K.W.F. d'Arnaud Gerkens	geen	laborant te Pladjoe
Moesi Ilir (1906)			
1902 (mrt.)	D. Pijzel	T	bouw + chef raffinadeur te Bagoes Koenig (bij Palembang)
1904c	H. Jonker Czn.	T	assistent-raffinadeur te Bagoes Koenig
C.I.P. / Asiatic (1908)			
1904 (mei)	J.W. van Geuns	U	laboratorium Poeloe Samboe (bij Singapore)
1906 (dec.)	P.A. van Lith	?	assistent van Van Geuns te Poeloe Samboe

Toelichting: c = circa; B = buitenlandse opleiding; T = TH Delft;

U = universiteit in Nederland; C.I.P. = Comité van Indische Producenten;

jaartallen achter bedrijfsnamen = jaar van overname door Koninklijke.

Bron: Archief Shell, Den Haag, en ledenlijsten Nederlandsche Chemische Vereniging in Scheikundige/Chemische Jaarboekjes.

grote mislukking uit. De Amerikaanse raffinadeurs die in Pangkalan Brandan de leiding hadden over de productie, moesten niets hebben van deze Europese nieuwlichterij. Van Groningen en Würthle kregen dan ook geen poot aan de grond. De eerste vertrok al na enkele maanden en zijn Duitse opvolger werd 'verbannen' naar het laboratorium, waar hij zich bepaalde tot het doen van fotometrische proeven om de kwaliteit van de geproduceerde lampolie vast te stellen.⁹

Het zou meer dan tien jaar duren voordat de Koninklijke weer een technoloog naar Indië stuurde. Terwijl de Dordtsche aan het begin van de twintigste eeuw minstens vier Delftse technologen in dienst had, telde de technisch-chemische staf van de Koninklijke slechts de technoloog W.L. Sluyterman van Loo (1871-1946) en de Duitse chemicus A. Flachs, die de benzineraffinaderijen in Rotterdam respectievelijk Reisholz bij Düsseldorf leidden (tabel 3.1). In Indië waren er, naast enkele werktuigkundigen, slechts Amerikaanse praktijkmensen in dienst.

Na het vertrek van Van Groningen en Würthle vonden alle volgende aanstellingen van chemici en technologen in feite onder druk van de omstandigheden plaats, als reactie op problemen waarmee de Koninklijke werd geconfronteerd. Het was kennisverwerving tegen wil en dank, hetgeen in meerdere episoden zichtbaar is.

Toen Sluyterman van Loo in 1895 werd aangetrokken, kreeg hij de opdracht branders voor lampolie te onderzoeken omdat de standaardbranders afgestemd waren op de brandeigenschappen van Amerikaanse olie. Vanwege de dominante positie van Amerikaanse aardolie op de wereldmarkt was deze de norm. De Sumatraanse lampolie die toen centraal stond bij de Koninklijke, had andere eigenschappen, waardoor de lampen minder goed brandden. Het is typerend voor de toenmalige stand van de techniek dat de oplossing niet werd gezocht in wetenschappelijk onderzoek naar de chemische verschillen tussen de beide oliën maar in een, overigens zeer succesvolle, technische aanpassing van de branders.¹⁰

De volgende stap werd gezet toen omstreeks 1900 de oorspronkelijke putten op Noord-Sumatra opdroogden en de nieuwe olievelden in Perlak en Borneo noodgedwongen in productie moesten worden genomen. Deze velden leverden een minder goede lampolie op en hun grotere gehalte aan paraffines (en naar men later ontdekte aromaten) dwong tot veranderingen in het raffinageproces en dus tot experimenten en analyses. Nadat Sluyterman van Loo in 1902 een studiereis naar Galicië en Wenen had gemaakt, besloot de directie een paraffinefabriek in Pangkalan Brandan te bouwen volgens het ontwerp van de Weense expert Von Gröling. De moeilijkheden die daarbij rezen, hadden tot gevolg dat de Koninklijke in 1906 de ervaren technoloog Pijzel aantrok en zo de eerste stap zette tot de oprichting van een eigen technisch bureau (zie hoofdstuk twee). Tevens werd er, in 1904, voor het eerst weer een technoloog naar Sumatra gestuurd.¹¹

Inmiddels zorgde de lampolie van Borneo weer voor nieuwe problemen. Nog vóór de fusie van de Shell en de Koninklijke, in 1907, exploiteerden beide bedrijven oliebronnen op Borneo waaruit een lampolie gemaakt kon worden die maar slecht te verkopen was vanwege haar roetende vlam en haar afwijkende specificaties. Aangezien lampolie toen nog het belangrijkste aardolieproduct was, was dit voor beide ondernemingen een groot probleem.

Ook de benzinefractie voldeed niet aan de gangbare norm.

Het hoort zeker tot de ironie van de geschiedenis dat later bleek dat de benzine uit Borneo-olie vanwege haar antiklop-eigenschappen juist uitstekend in auto's gebruikt kon worden, maar gedurende het eerste decennium van de eeuw was dat niet aan de orde.

Beide bedrijven probeerden toen nog op alle mogelijke manieren de kwaliteit van hun benzine en lampolie aan te passen aan de Amerikaanse standaarden.¹²

Nadat Henri Deterding, directeur van de Koninklijke en leider van het verkoopkartel waartoe ook de Shell behoorde, eind augustus 1905 in een brandbrief schreef 'er moet iets gedaan worden: de totale kwantiteit thans geproduceerde Borneo olie is onverkoopbaar', werden die pogingen met grote kracht voortgezet. Naast eigen onderzoek werd nu ook advies uit academische kring ingewonnen. Eind 1905/begin 1906 stuurde Shell-directeur Robert Waley Cohen enkele monsters Borneo-olie naar de organisch-chemicus Humphrey Owen Jones (1878-1912) van de universiteit in Cambridge met het verzoek ze aan een grondig onderzoek te onderwerpen. Jones ontdekte in de loop van 1906 dat de bijzondere eigenschappen van de olie werden veroorzaakt door het hoge gehalte aan aromatische verbindingen. Dat was een opmerkelijke vondst, want zulke verbindingen kwamen doorgaans vrijwel niet in aardolie voor. Jones en Waley Cohen kregen onmiddellijk grootse visioenen, omdat er kleurstoffen en explosieven uit deze aromaten konden worden gemaakt. De niet te verkopen Borneo-olie was als bij toverslag veranderd in een waardevolle grondstof voor de chemische industrie. Shell richtte niet lang daarna een proeffabriek bij Londen op, waar de chemicus R.E. Robinson moest onderzoeken hoe de waardevolle aromaten technisch geïsoleerd konden worden.¹³ Tegelijkertijd – en onbekend met wat in Engeland gebeurde – zocht de technoloog van de Koninklijke, Sluyterman van Loo, contact met zijn voormalige leermeester Hoogewerff van de Technische Hogeschool in Delft en met diens assistent en aanstaande schoonzoon W.C. Knoop jr. (1879-1953). Knoop, zoon van de technisch directeur van de eveneens tot het verkoopkartel behorende Moesi Ilir, hield zich 'juist met dergelijke onderzoeken' bezig. Sluyterman van Loo had zelf in juni 1905 reeds ontdekt dat de koolwaterstoffen in Borneo-olie een lager kookpunt hadden dan die in de Sumatraanse olie, terwijl ze toch meer koolstof bevatten. Ook dit was tegengesteld aan alles wat tot dan toe over petroleumkoolwaterstoffen bekend was. Sluyterman van Loo en Knoop dachten echter niet aan de aanwezigheid van aromaten,

maar zochten de oplossing in technische richting door te proberen de oliefracties met behulp van een katalysator meer waterstof te laten opnemen, zodat het waterstofgehalte verhoogd en het koolstofgehalte verlaagd zou worden. De proeven van Knoops hadden succes en leverden een verbeterde Borneo-olie op. Een van de directeuren van de Koninklijke, Hugo Loudon, was zo onder de indruk dat hij Knoops met een vorstelijk bedrag wilde belonen. Deterding, die zich ervan wilde verzekeren dat de Koninklijke het monopolie op Knoops' vondst zou krijgen, zag echter meer in het aanstellen van deze chemicus bij de Maatschappij, op deels door Knoops zelf te bepalen voorwaarden. Het resultaat was dat Knoops een eigen onderzoekslaboratorium ter beschikking kreeg, dat in een voormalige Schiedamse jeneverstokerij werd gevestigd. Dit laboratorium was de kiem van het latere Amsterdamse researchlaboratorium van de Koninklijke/Shell. Het is zeker opmerkelijk dat deze achteraf gezien strategisch zo belangrijke beslissing grotendeels tot stand kwam onder invloed van de persoonlijke drijfveren van een op wetenschappelijk terrein ambitieuze Delftse assistent, zonder dat de directie op de stichting van een dergelijk laboratorium had aangestuurd.¹⁴

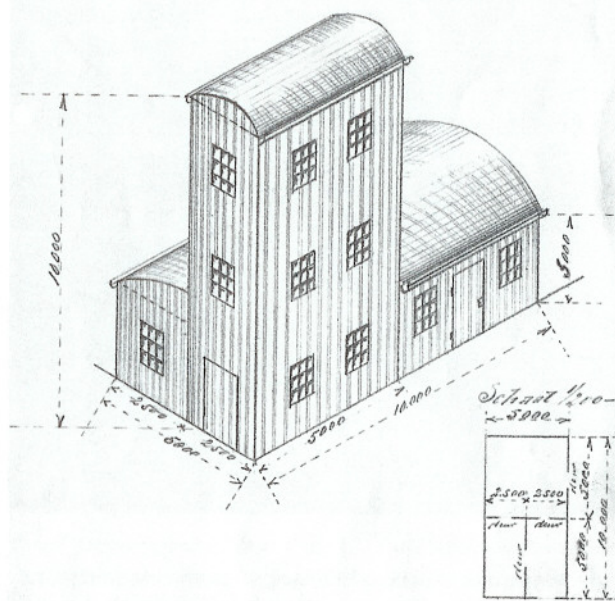
Eind 1906 ontdekte Knoops in zijn Schiedamse laboratorium, in navolging van Jones, dat de bijzondere samenstelling van de Borneo-olie met het gehalte aan aromaten te maken had. In een niet lang daarna te Pernis opgerichte proeffabriek zette hij zich vervolgens aan dezelfde vraagstukken als waar Robinson zich mee bezig hield. Na de fusie van de Shell en de Koninklijke in 1907 wist Loudon te bereiken dat het werk in Engeland gestopt zou worden en uitsluitend in Nederland zou worden voortgezet. Robinson verhuisde naar Nederland, waar hij in Schiedam en Pernis onder leiding van Knoops, samen met de Nederlandse technoloog M.J.C. Groeneveld, zijn werkzaamheden voortzette. Vanaf de zomer van 1907 waren er dus drie technologen actief in het Schiedamse laboratorium van de Bataafsche Petroleum Maatschappij (BPM) – de Nederlandse werkmaatschappij die bij de fusie was gevormd – met Sluyterman van Loo als adviseur op afstand. Samen ontwikkelden ze een industrieel toepasbaar proces om de aromaten benzeen en toluen in de vorm van hun nitroverbindingen uit Borneo-olie te winnen. Zo was de basis voor een researchorganisatie gelegd en startte het grote Nederlands-Britse petroleumconcern het traject in de richting van een kennisintensieve onderneming.¹⁵

Problemen van buiten mogen ervoor hebben gezorgd dat het doen van onderzoek langzamerhand een geaccepteerd onderdeel van de activiteiten van de Koninklijke/Shell werd, toen die activiteit er eenmaal was kwam er geleidelijk ook een andere dynamiek op gang, waarbij wetenschappelijke en technische kansen aanleiding voor onderzoek werden. Na Knoops' vertrek naar de raffinaderij in Reisholz, om daar het ontwikkelde proces tot winning van nitrobenzeen en nitrotoluene in praktijk te brengen (hoofdstuk vijf),

N.V. DE NEDERLANDSCHE STAAL-INDUSTRIE
voorheen H.E. O'VING J.R.

Blad:

Gegolfd gegalv. plaatijz. gebouw
Schout 1100



Bouwtekening van de in 1907 door de Koninklijke in Pernis gebouwde proeffabriek voor het destilleren en nitreren van Borneo-olie, met een hoog gedeelte voor het opstellen van de destillatiekolom.

De oprichting van proeffabrieken – nodig om de vertaalslag van het laboratorium naar de fabriek te maken – was toen een nieuw fenomeen in Nederland. De eerste

proeffabrieken ontstonden omstreeks 1890 in de researchintensieve Duitse kleurstoffenindustrie. Deze proeffabriek, die bij de technoloog van de Koninklijke W.L. Sluyterman van Loo in de achtertuin stond, was nodig om de laboratoriumresultaten van W.C. Knoops (1879-1953) uit te werken tot een industrieel proces.

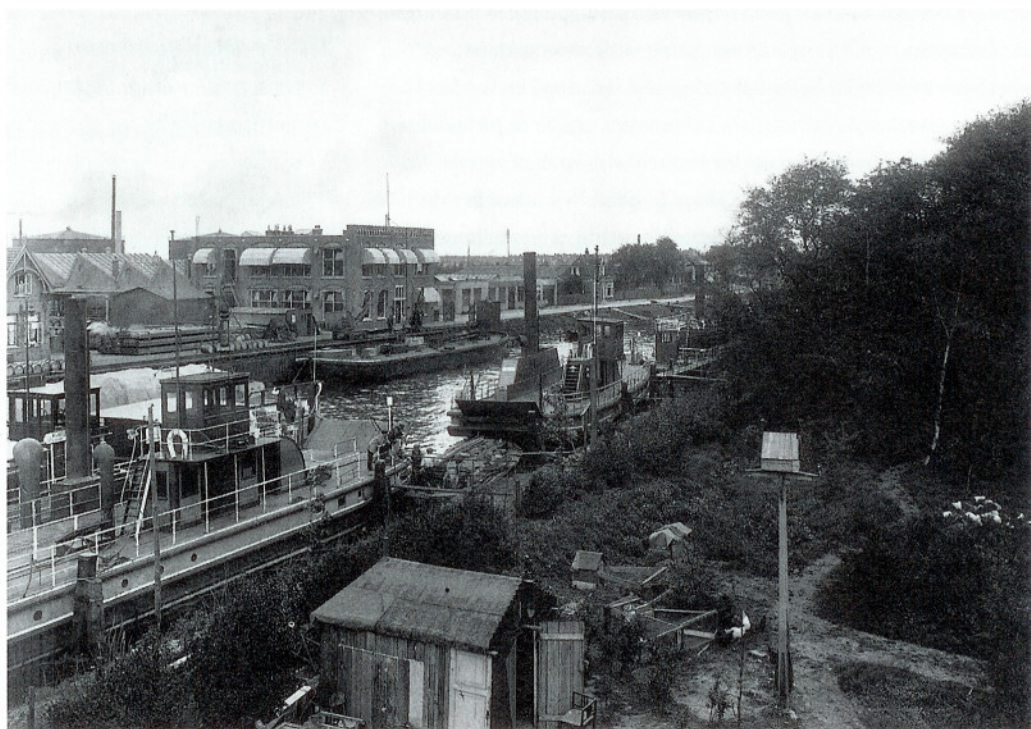
zien we onder zijn opvolger W.O. van Tienen de eerste tekenen van een groeiend inzicht dat kennisverwerving als zodanig nodig kan zijn. In het laboratorium van de Bataafsche in Rotterdam, waarheen het Schiedamse laboratorium in de zomer van 1909 was verplaatst, voerde hij bijvoorbeeld proeven uit met waterstof-additie, een voortzetting van het vroege werk van Knoops. In een brief van 12 november 1910 aan BPM-directeur Loudon schreef hij daarover:

‘Door deze proeven is nog eens gebleken, dat deze reactie, althans voorlopig, nog niet voor eenige technische uitvoering geschikt kan zijn; by verder zoeken, zal (..) men allereerst moeten trachten het wezen dezer katalytische werking nader te leeren kennen...’¹⁶

Uit het antwoord van Loudon, drie dagen later, blijkt hoe belangrijk de bedrijfsleiding het inmiddels vond om betrekkelijk diepgaande wetenschappelijke onderzoeken te verrichten:

Het in 1914 gebouwde laboratorium van de Bataafsche Petroleum Maatschappij in Amsterdam-Noord, met achter het twee verdiepingen hoge laboratoriumgebouw het met shed-daken voorziene gebouw van de proeffabrieken.

Het terrein waarop het laboratorium stond, fungeerde tevens als plaatselijk laad- en losstation voor olieproducten, zoals onder meer te zien is aan de aanwezige grote opslagtank.



‘Wy vreezen met U dat nog heel wat geld aan proefnemingen zal moeten worden besteed, eer eene verbetering en voornamelyk versnelling van de katalytische werking het waterstof-additie-procédé voor ons bruikbaar zal maken. Intusschen zou het zeker interessant en voor ons van het hoogste gewicht zyn, om de proeven voort te zetten.’¹⁷

De spanning tussen kennisverwerving, een langetermijnninzet met onzekere uitkomsten, en concrete productie- en afzetvragen komt hier duidelijk uit naar voren. Opvallend is ook de korte communicatielijn tussen het laboratorium en de directie van wat toen reeds een zeer grote onderneming was. Dit was in die tijd niet uitzonderlijk. Tot de wereldoorlog, toen met Colijn en Pleyte een nieuwe directie aantrad die het bedrijf grondig reorganiseerde, hield Loudon, die meegegroeid was met het bedrijf, zich inderdaad persoonlijk met vrijwel elk aspect van de bedrijfsvoering bezig. Dat hij in het gegeven voorbeeld de natuurlijke terughoudendheid van managers tegenover investeren in kennisverwerving liet varen en zelfs schreef dat de voortzetting van de proeven van het hoogste gewicht was, had te maken met het grote strategische belang van eventuele positieve uitkomsten. Als uit de verschillende Borneo-fractionen producten konden worden gemaakt die gelijkwaardig waren aan de Amerikaanse olieproducten, dan zou de Koninklijke haar felle strijd met Standard Oil met vertrouwen tegemoet kunnen zien. Het was die concurrentie op wereldschaal die het concern op commercieel en wetenschappelijk terrein steeds voortdreef. Deterdings expansiepolitiek zorgde ervoor dat de Koninklijke/Shell in de jaren voor de Eerste Wereldoorlog zich achtereenvolgens in

Roemenië, Rusland, Japan, de Verenigde Staten en Mexico vestigde. Omdat iedere oliebron weer anders was en voor specifieke winnings- en raffinageproblemen zorgde, werd het laboratorium in Rotterdam met steeds nieuwe vraagstukken geconfronteerd. Ook verschuivingen op de afzetmarkten zorgden voor nieuwe uitdagingen. Naast lampolie kwamen benzine, stookolie, smeerolie, asfalt en paraffine als producten op, waarbij de bereiding en verwerking van elk afzonderlijk product weer nieuwe problemen opleverde. Om deze vraagstukken het hoofd te bieden, breidde de BPM vanaf 1911 haar onderzoekslaboratorium verder uit (tabel 3.1). Op 1 januari van dat jaar nam J.E.F. de Kok de leiding van het laboratorium over van Van Tienen, die naar Indië werd gezonden om daar een door hem gevonden en geotrooieerd procédé in praktijk te brengen. Het Rotterdamse laboratorium werd al gauw te klein vanwege de ‘talrijke onderzoekingen en proefnemingen in verband met uitvindingen’. In 1913 viel het besluit het laboratorium te verplaatsen naar een fabrieksterrein van de in 1911 overgenomen Dordtsche Petroleum Maatschappij in Amsterdam-Noord.¹⁸ Toen dit laboratorium, inclusief een proeffabriek met destilleerruimte, in 1914 in gebruik kwam, begon men met een bezetting van negen mensen. In 1917 was dit aantal reeds toegenomen tot 22, terwijl er in 1925 tachtig personen in het laboratorium werkzaam waren. Daarmee was het Amsterdamse BPM-laboratorium veruit het grootste industriële laboratorium in Nederland en dat zou het decennia lang blijven. Voor de Koninklijke was het doen van onderzoek een noodzakelijk hulpmiddel geworden om zich op de markten voor olieproducten staande te houden. Nadat vanaf 1927 de research verdere uitbreiding onderging, werd het bedrijf van

‘volger’ zelfs op sommige terreinen initiator van nieuwe technische ontwikkelingen (zie hoofdstuk vijf).¹⁹

De opmars van de Delftse technologen

De kennisvraag vanuit het bedrijfsleven was niet de enige factor die ervoor zorgde dat er in de loop van de tijd steeds meer hogeschoolde technologen en chemici werden aangesteld. Er was ook een *push*factor vanuit het onderwijs en deze had onbedoelde gevolgen, waaronder het ontstaan van netwerken tussen het hoger onderwijs en het bedrijfsleven. Tabel 3.1 laat enkele tendensen zien die ook gelden voor de chemische industrie als geheel. Typerend is dat aanvankelijk vooral in Duitsland opgeleide technische chemici werden aangesteld, vervolgens vooral technologen uit Delft en later pas, geleidelijk en mondjesmaat, chemici afkomstig van de Nederlandse universiteiten. Dit weerspiegelt het algemene patroon. In de tweede helft van de negentiende eeuw gaven de weinige chemische bedrijven die academici aanstelden de voorkeur aan Duitse chemici en technologen, of aan Nederlanders die in Duitsland waren opgeleid. Delftse technologen ontbraken niet, maar hun aantal was klein. De universiteiten speelden toen voor de Nederlandse chemische industrie geen rol van enige betekenis. Zij waren vrijwel uitsluitend een kweekplaats voor toekomstige leraren.²⁰

Tussen 1890 en 1910 vonden er veranderingen in de technologie-opleiding in Delft plaats die een complete omwenteling betekenden in de verhouding tussen de Delftse Polytechnische School en de chemische industrie, en in de rol die technologen binnen die industrietak speelden. Dit was geen overbodige luxe, want dat de Delftse opleiding niet goed voldeed, was reeds enige tijd duidelijk. Bij de start van de opleiding in 1864 was de technologiestudie bestemd voor zoons van fabrikanten en voor bedrijfsleiders. In drie jaar werd een algemeen overzicht gegeven van de gehele chemische en mechanische techniek, terwijl tevens een ondergrond in de chemie, fysica en mechanica werd geboden. De inzet van de opleiding is nog steeds herkenbaar in de inaugurele rede van L.L. Aronstein uit 1894:

‘Ik kan u hier niet vormen tot glas- of suikerfabrikant, tot bierbrouwer of metallurg, tot soda- of kleurstofchemicus. Maar wat ik wel hoop te kunnen, dat is den grondslag te leggen daarvoor, (...) [W]at ik wel wensch van u te maken, dat zijn algemeen technisch ontwikkelde mannen, wier blik verruimd is door het overzicht, dat zij zich na grondige chemische vorming over het geheel der chemische industrie hebben verworven, – mannen die door hunne vorming lust gevoelen en blijven gevoelen, om niet alleen op de hoogte te blijven van de vorderingen in hun eigen bedrijf, maar die voeling te houden met alle takken der chemische industrie.’²¹



Enkele ‘heren ingenieurs’ in het Amsterdamse laboratorium van de BPM in 1924. Slechts een deel van de staf bleef lange tijd werkzaam in de research. Voor de overigen was het verblijf op het lab bedoeld als eerste kennismaking met de

olie-industrie en ter voorbereiding op een functie op een van de vele fabrieken en raffinaderijen van de Koninklijke/Shell in Indië, Roemenië of Amerika.

Specialisatie, zoals in Duitsland al had plaatsgevonden, was niet aan de orde. Dit had gevolgen voor de positie van de technologen op de arbeidsmarkt. Bedrijfsleiders waren immers niet in overvloed nodig en voor functies in het laboratorium bood de Delftse opleiding te weinig scholing in de analytische chemie en in het praktische laboratoriumonderzoek. Op die fronten kon de driejarige studie dan ook moeilijk concurreren met de vier- tot vijfjarige Duitse opleidingen, die bovendien vaak met promotie-onderzoek werden afgesloten. Gesteund door de roep om hervormingen van de zijde van de studenten wist Hoogewerff in 1891 te bereiken dat de Delftse opleiding met een jaar werd verlengd. Naast enkele inhoudelijke veranderingen, zoals de start van microbiologisch, metallurgisch en mineralogisch onderwijs, werden vooral het onderwijs in de organische chemie, de oefeningen in het laboratorium, en het (werktuig) bouwkundig tekenen uitgebreid, dit laatste vanwege het ontwerpen van fabrieken. Ook verhuisde het onderwijs in de chemische technologie naar de laatste studie jaren, zodat het vak op een hoger niveau kon worden gedoceerd.²²

Deze hervormingen vonden plaats aan de vooravond van een sterke groeifase van de Nederlandse industrie en ze spoorden blijkbaar zo goed met de onder studenten en industriële gevoelde behoeften dat de gevolgen niet uitbleven. Binnen enkele jaren steeg het aantal studenten naar grote hoogten. In 1895 werd voor

het eerst het tot dan toe hoogste aantal van 42 studenten uit 1874 weer overschreden. In 1900 waren er 83 technologiestudenten en in 1905 zelfs 139. Hoewel het aantal afgestudeerden met deze stijging geen gelijke tred hield, steeg dat tussen 1899 en 1905 van ongeveer tien naar ongeveer twintig per jaar. Dit was aanzienlijk meer dan de één tot drie technologen die kort daarvoor jaarlijks afstudeerden. Na de verheffing tot Technische Hogeschool in 1905 hield de stijging van de studentenaantallen tot ongeveer 1920 onafgebroken aan. 'Delft' telde toen bijna 500 studenten scheikundige technologie. Tussen 1905 en 1940 was de opleiding steeds ongeveer even groot als alle universitaire chemische opleidingen bij elkaar.²³ Tegelijkertijd met deze groei vonden er ook veranderingen in het onderwijsprogramma plaats. Zo werd bij de bevordering tot Hogeschool de opleiding tot vijf jaar verlengd, kreeg de instelling het promotierecht en werden nieuwe leerstoelen ingesteld, waardoor de leeropdrachten van de hoogleraren Hoogewerff en Aronstein over meerdere personen werden verdeeld. Meer specialisatie was nu mogelijk en geleidelijk veranderde 'Delft' van een zuiver onderwijsinstituut tot een instelling die ook onderzoek deed. Door het benoemen van priva doce nten in 1907/1908 werd sector-specifieke deskundigheid aan de opleiding verbonden, zoals A.M.A.A. Steger (1874-1953) voor explosieven, verfstoffen en keramisch materiaal, J.C. Boot voor de Javaanse suikerindustrie en J. Rutten (weldra opgevolgd door G.A. Brender á Brandis) voor de gasfabricage. Tevens verving men de titel 'technoloog' door die van 'scheikundig ingenieur'.²⁴

Deze naamswijziging had grote symbolische betekenis. De titel 'ingenieur' stond traditioneel in hoger aanzien, waardoor men in de wijziging een teken van emancipatie zag. Bovendien, zo betoogde de inmiddels hoogleraar geworden Steger in 1918, betekende de naamswijziging een belangrijke inhoudelijke verandering:

'Onder technoloog wordt verstaan iemand, die grondige kennis bezit van de verschillende in de technologie voorkomende vakken, en die kennis zoo weet te combineeren en toe te passen, dat hij het bedrijf, waarin hij werkzaam is, vooruit helpt. De scheikundige ingenieur daarentegen zij degene die de chemie der chemische bedrijven beheerscht en langs wetenschappelijke weg tot verdere ontwikkeling brengt (...)'.²⁵

Deze accentverschuiving van de toepassing van bestaande technische kennis naar de ontwikkeling van nieuwe technische kennis, is een teken van de verandering die zich tegelijkertijd binnen de Nederlandse chemische industrie voltrok. Nederland werd in technisch opzicht steeds minder afhankelijk van het buitenland. De ontwikkelingen op de Delftse TH gingen hiermee hand in hand, als ze er al niet mede de oorzaak van waren. Er kwamen meer chemisch technologen beschikbaar op de arbeidsmarkt, waardoor bedrijven hogeschoold kader konden aanstellen dat

ervoor kon zorgen dat elders plaatsvindende technische ontwikkelingen tijdig gesignaleerd en geïmplementeerd konden worden, of ontwikkelingen zelfstandig kon initiëren. Zonder slag of stoot ging dit alles overigens niet. De gegevens die beschikbaar zijn, wijzen erop dat de groei van de studentenaantallen in Delft voorleiep op de groei van de arbeidsmarkt. Traditioneel vormden de Javaanse rietsuikerindustrie en de gasfabricage de belangrijkste arbeidsmarkten voor Delftse technologen. Andere takken van de Nederlandse chemische industrie waren klein, of, zoals de superfosfaatindustrie, nog aan het begin van hun groeiproses. Het kostte Hoogewerff aanvankelijk dan ook grote moeite zijn steeds groter wordend aantal leerlingen aan een baan te helpen. Het voorbeeld van Adolf ter Horst (1874-1935) illustreert de problemen. Na zijn afstuderen in 1897 kon hij bij de Rotterdamse gasfabriek aan de slag, maar toen hij twee jaar later op zoek ging naar een meer uitdagende functie – vermoedelijk als voorbereiding op de oprichting van een eigen fabriek – moest hij talloze sollicitatiebrieven schrijven voordat hij wat vond. Voorzien van aanbevelingsbrieven van Hoogewerff en Aronstein schreef hij in 1899 bedrijven aan tot in Duitsland, België en Galicië en trok hij wekenlang door Duitsland, om in januari 1900 in een zuurstoffabriek in Westfalen een baan te vinden. Niet lang daarna richtte hij, met steun van Hoogewerff, die commissaris werd, samen met zijn studiegenoot Rolf van Hasselt in Schiedam de N.V. Fabriek van Chemische Producten op. Dit bedrijf, dat later als 'Vondelingenplaat' bekendheid verwierf, was een van de eerste synthetisch-organische fabrieken in Nederland.²⁶

Pas na 1900 veranderde de situatie. De petroleumindustrie ging steeds meer technologen aanstellen en ook andere bedrijfstakken namen Delftenaren in dienst. Uit een in 1906 opgesteld overzicht blijkt dat van de 216 technologen die tussen 1866 en 1905 waren afgestudeerd, er 23 in een niet-technische werkkring terecht waren gekomen, 39 als assistent, leraar of hoogleraar in het onderwijs, en tien in de proefstations en in betrekkingen van zuiver analytische aard. Van de binnen de industrie werkzame technologen vormden de 24 personen die in de riet- en rietsuikerindustrie werkten de grootste groep. Daarna volgden de gasindustrie, met 17 technologen, de petroleumindustrie, met tien technologen, en de verf-industrie alsmede de gist- en spiritusindustrie, met elk vijf technologen. De overige Delftse afgestudeerden waren over een veelheid aan andere industrietakken verdeeld. Hoe bescheiden deze aantallen ook mogen zijn, de grondslag was gelegd. Tussen 1905 en 1925 zouden tientallen scheikundige ingenieurs hun weg naar de Nederlandse industrie vinden.²⁷

Voor al tijdens en vlak na de Eerste Wereldoorlog leerde de industrie meer met processen en bijproducten te doen, wat het nodige werk voor technologen opleverde. H.I. Waterman (1889-1961), de opvolger van Steger in Delft en zelf één van de drijvende krachten achter de toenadering tussen hoger onderwijs en industrie, karakteriseerde in



zijn afscheidsrede in 1959 de ontwikkeling tussen 1919 en 1959 als een overgang van een sector gericht op (fysische) extractie en raffinage naar een sector waarin technieken voor (chemische) transformatie van grondstoffen in eindproducten centraal kwamen te staan.²⁸

De in Duitsland opgeleide chemici en technologen werden in de loop van deze ontwikkeling vervangen door in Nederland opgeleid personeel. Dit had een belangrijke consequentie. Via hun gemeenschappelijke Delftse achtergrond vormden de scheikundige ingenieurs een hecht netwerk, zowel onderling als met hun leermeesters aan de TH. Dit was in het geval van de in Duitsland opgeleide technologen niet mogelijk geweest. Nu ontstond er een nauwe samenwerking tussen de industrie en het hoger onderwijs, waarbij leermeester-leerling-relaties de hoofdrol speelden. Toen de Koninklijke, bijvoorbeeld, in 1895 in de persoon van Sluyterman van Loo haar eerste Delftse technoloog aanstelde, bracht zij tevens een relatie met de Polytechnische School tot stand, waar later met vrucht gebruik van kon worden gemaakt toen het probleem van de Borneo-olie het bedrijf voor moeilijkheden plaatste. In de komende hoofdstukken zullen we verschillende voorbeelden zien waarin er technische relaties tussen bedrijven tot stand kwamen op basis van contacten die via een gemeenschappelijke Delftse achtergrond waren gelegd. Nederland nam op dat punt een vrijwel unieke positie in. Immers, in de eerste decennia van de eeuw was de overgrote meerderheid van de industriële scheikundigen aan slechts één opleiding – Delft – opgeleid, waardoor er een meer verknoopt netwerk aan technische dwarsverbindingen tussen de Nederlandse chemische bedrijven ontstond dan in de grote buurlanden het geval was. Indien deze stelling hout snijdt, dan zou dit een bijzonder kenmerk van het Nederlandse innovatiesysteem zijn, waarbij relatief kleinschalige chemische bedrijven toch op een hoog plan kunnen presteren door samenwerkingsverbanden met andere bedrijven aan te gaan.²⁹

Het omstreeks 1915 op de Vondelingenplaat opgerichte 'onderzoekingslaboratorium' van de Fabriek van Chemische Producten in 1925, toen er onderzoek werd gedaan naar synthetische kleurstoffen. Tot 1922 stond dit laboratorium onder leiding van

ir. A.J. van Peski, die later hoofd werd van het chemisch onderzoek van de BPM in Amsterdam. Op de foto van links naar rechts F.A. Riegman, A.H. Romijn, M. Loog en J.F. Groenendijk.

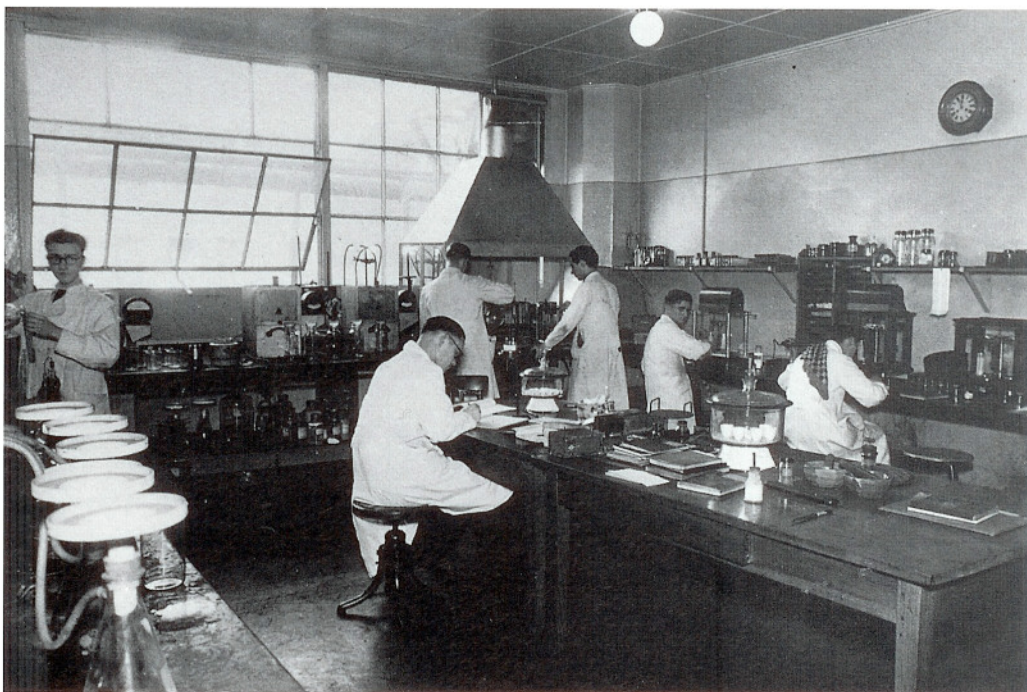
Academisch advies en onderzoek voor de industrie

De universitaire chemici

De studenten en hoogleraren in de scheikunde aan de universiteiten zagen de ontwikkelingen in Delft met lede ogen aan. Was men in de negentiende eeuw tevreden geweest met de keurige taakverdeling waarbij Delft de industrie bediende en de universiteiten hun leerlingen voorbereidden op functies in het middelbaar en hoger onderwijs, nu Delft ook deel van het hoger onderwijs werd kwam er een gevaarlijke concurrent bij. In de aanloop naar de wet van 1905 waarbij de Polytechnische School de status van Hogeschool kreeg, inclusief het *ius promovendi*, ondernamen de universitaire studenten en hoogleraren verschillende acties om de effecten van die ontwikkeling te neutraliseren. Met betrekking tot de genomen stappen is voor ons vooral van belang dat er ook pogingen werden gedaan binnen het universitaire onderwijs meer aandacht te besteden aan de techniek.

De Universiteit van Amsterdam, die toen het grootste aantal scheikundestudenten telde, slaagde daarin het best. De reeds in 1901 als privatdocent technische chemie toegelaten Andreas Smits, die scheikundige bij de gemeentelijke gasfabriek was, kreeg een vaste benoeming tot lector in dat vak. Na zijn bevordering tot hoogleraar in Delft, in 1906, liet de faculteit vervolgens Alphons Steger – eveneens in de gasindustrie werkzaam – toe als privatdocent in de technische chemie. Toen ook deze in 1912 naar Delft vertrok, nam de veelzijdige industrieel Gerrit Hondius Boldingh

Het bedrijfslaboratorium voor kolenonderzoek op de staatsmijn Emma omstreeks 1923, met de nodige filters, exicatoren en balansen voor het doen van gravimetrische bepalingen. Hier werden onder andere het asgehalte en het gehalte aan vluchtige bestanddelen van de kolen bepaald; gegevens die nodig waren om de geschiktheid van de kolen voor de fabricage van cokes te beoordelen. Omstreeks 1930 kwam bij Staatsmijnen geleidelijk ook wetenschappelijk onderzoek op gang.



(1865–1936), die sinds 1909 buitengewoon hoogleraar in de farmaceutische scheikunde was, het technisch-chemische onderwijs over. Boldinghs leeropdracht werd veranderd in ‘toegepaste chemie’ en hetzelfde gebeurde met de benaming van zijn laboratorium. Tot 1930 leidde hij talloze universitaire chemici op voor functies in de industrie. Naast Delft was Amsterdam de belangrijkste kweekplaats van industriële chemici. Ook de Utrechtse universiteit slaagde er in de volgende decennia in het onderwijs meer op de industriële behoeften te richten. Aangezien ook de industriële behoefte aan universitair geschoolde chemici toenam toen er meer onderzoekslaboratoria werden opgericht, was het resultaat van al deze ontwikkelingen dat in 1938 bijna 50% van de universitaire chemici in de industrie werkzaam was. Aan het begin van de eeuw lag dat percentage nog onder de tien.³⁰

Net als voor Delft had de toenemende participatie van universitaire chemici in de industrie grote gevolgen voor de onderlinge netwerkvorming tussen de industrie en de universiteit. In Utrecht kwamen alumni elke maand terug voor een colloquium om de oude ‘familiebanden’ te onderhouden. Een aanvullend forum voor interactie was de in 1903 opgerichte Nederlandsche Chemische Vereniging, die chemici, apothekers en technologiën onder haar leden had.³¹ Leiden en Groningen deden in deze ontwikkeling aanvankelijk nauwelijks mee. De Leidse universiteit liet in 1902 W.P. Jorissen (1869–1959), die een commissariaat bij een zwavelzuurfabriek in Werkendam bekleedde, toe als privatdocent voor technische en fysische chemie. Desondanks bereidde de chemische opleiding in Leiden – evenals die in Groningen – tot in de jaren dertig vrijwel niet voor op industriële functies. Nadat Jorissen in 1908 tot lector in de anorganische en fysische chemie was benoemd, nam de Delftenaar

A. Korevaar enige jaren later het technisch-chemische privaatonderwijs in Leiden weer op. Studenten die hierin verder wilden gaan, konden in Leiden echter niet terecht. Zij deden een bijvak in Delft. De korte afstand met Delft leidde er zo toe dat de Leidse chemische opleiding lange tijd niet op de industrie werd gericht.³²

Academisch-industriële netwerken

Naast kennisoverdracht van het hoger onderwijs naar het bedrijfsleven in de vorm van het in dienst nemen van afgestudeerde chemici en technologiën, was er ook een meer directe vorm van kennisuitwisseling doordat hoogleraren adviseurschappen en commissariaten bekleedden. Er ontstonden steeds nauwere betrekkingen tussen de chemische studierichtingen en het bedrijfsleven. In een fase waarin het eigen industriële onderzoek nog in de kinderschoenen stond, was dit van groot belang. Niet zelden werd de Technische Hogeschool of een van de universiteiten ingeschakeld om industriële vraagstukken op te lossen. Enkele van die hoogleraren hadden zo vaak contact met het bedrijfsleven dat we hen in de komende hoofdstukken regelmatig zullen tegenkomen. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de commissariaten en adviseurschappen die hoogleraren vóór 1930 bekleedden. Vermoedelijk is het aantal vermelde commissariaten redelijk compleet; over adviseurschappen is echter zo weinig bekend dat de tabel op dat punt onvolledig is. In hoofdlijnen bevestigt de tabel echter de schets van het technisch-chemische onderwijs die in de vorige paragraaf werd gegeven. Delft en Amsterdam hadden verreweg de meeste contacten met het bedrijfsleven. Utrecht volgde op enige afstand en Leiden en Groningen kwamen in het verhaal nauwelijks voor.

In Delft waren het de hoogleraren Steger en Van Iterson en de twee opvolgers van Hoogewerff – Böeseke en Reinders – die de meeste commissariaten en adviseurschappen hadden.

Van Hoogewerffs veelvuldige connecties geeft de tabel echter geen goed beeld. Hij bekleedde weliswaar formeel maar één commissariaat, maar zeker is dat hij talloze contacten met het bedrijfsleven had, waaronder familierelaties (Knoops). Ook Waterman had veel nauwere banden met het bedrijfsleven dan blijkt uit de tabel.³³

Kijken we nu naar Amsterdam, dan vallen vooral de hoogleraren Holleman en Hondius Boldingh op. Hondius Boldingh was bij een grote groep bedrijven betrokken, terwijl Holleman (1859-1953) vooral actief was binnen de kunstzijde-industrie. Zijn vele functies kwamen alle voort uit het commissariaat dat hij in 1911 op zich nam toen zijn leerling J.C. Hartogs de Nederlandsche Kunstzijde-fabriek (ENKA) oprichtte (één van de voorlopers van het Akzo Nobel-concern). Ook de Utrechtse hoogleraar H.R. Kruyt (1882-1959) was als adviseur en commissaris betrokken bij de kunstzijde-industrie.³⁴

Een betrekkelijk kleine groep chemici speelde dus een centrale rol in de contacten met de industrie. Deze groep vertoonde ook onderling een grote samenhang. Zo waren er talloze verbindingen tussen de chemische afdelingen in Delft en Amsterdam, vooral omdat verschillende Delftse hoogleraren uit de hoofdstad afkomstig waren. De TH Delft rekruteerde aan het begin van de eeuw haar hoogleraren scheikunde óf uit eigen kweek (Beijerinck, Böeseke, Van Iterson, Waterman en Kluyver), óf uit Amsterdam (Smits, Reinders, Steger en Scheffer).

Behalve dat er dus sprake was van 'genetische relaties', kwamen Delftse en Amsterdamse chemici elkaar ook tegen in organisaties en verenigingen. De oudste hiervan was de zogeheten Suiker-Commissie, een in 1884 ingesteld adviesorgaan van het ministerie van Financiën op het gebied van de suikeraccijns, met een eigen laboratorium dat zich boog over vele vragen betreffende de riet- en bietsuikerindustrie. Tot ver in de twintigste eeuw bleef dit orgaan stevig in Amsterdams-Delftse handen.³⁵ Een tweede club was het bestuur van de in 1903 opgerichte Nederlandsche Chemische Vereniging. Naast de Utrechtse hoogleraren E.J. Cohen (1869-1945) en H.R. Kruyt, die beiden in Amsterdam hadden gestudeerd, waren het vooral Amsterdamse en Delftse hoogleraren die daarin in de eerste twee decennia van de eeuw de dienst uitmaakten. Leidse en Groningse hooggeleerden schitterden ook hier door afwezigheid.³⁶

Het bestuur van het in 1917 opgerichte Hoogewerff-fonds was een derde plek waar men elkaar tegenkwam. Vanuit industriële optiek was deze ongetwijfeld de belangrijkste. Gesticht ter ere van Hoogewerffs zeventigste verjaardag door zijn vrienden 'uit en buiten de Nederlandse industrie', als dank 'voor zijn diensten de gemeenschap bewezen', had dit fonds ten doel 'om het verrichten van wetenschappelijk onderzoek van chemisch-technische aard te

steunen, ook verdienstelijke onderzoekingen op dat gebied te beloonen en daardoor mede te werken tot de bevordering der scheikundige nijverheid in Nederland en Koloniën'.

Wetenschappelijk onderzoek als grondslag voor de industrie, kortom, was het devies. Om dit te realiseren, bracht het chemische bedrijfsleven een startkapitaal van f 112.000,- bijeen, een aanzienlijk bedrag in die tijd, zeker voor wetenschappelijk onderzoek.

De samenstelling van het eerste bestuur vormt een staalkaart van de op sleutelposities zittende industrieel-gerichte academische chemici en van de industrieën waar Hoogewerff nauwe relaties mee onderhield. Hijzelf werd voorzitter van het bestuur. Verder namen zitting de hoogleraren Böeseke en Reinders (Delft), Holleman (Amsterdam) en Cohen (Utrecht – namens de Koninklijke Academie van Wetenschappen). De industrie was vertegenwoordigd door Gist-directeur Waller (namens het Koninklijk Instituut van Ingenieurs), A. ter Horst van de Fabriek van Chemische Producten (Vondelingenplaat), dr. A.R. van Linge, technoloog, van de Nederlandsche Kininefabriek te Maarsen, A. Spakler, technoloog, directeur van de suikerraffinaderij van Spakler & Tetterode in Amsterdam, M.G. Wagenaar Hummelinck, directeur van de poedermelkfabriek Hollandia in Vlaarding, en de technoloog A. Wurfbain namens de B.P.M.. Het bestuur vormde aldus een weerspiegeling van een hecht netwerk tussen de opleidingsinstellingen en de chemische industrie en bleef die rol gedurende de rest van de eeuw vervullen. Wanneer bepaalde leden aftraden, bleven de achterliggende relaties meestal intact. Toen Wurfbain bijvoorbeeld in 1923 aftrad, volgde de inmiddels tot directeur van de BPM opgeklimmen technoloog J.E.F. de Kok hem op, en toen Van Linge in 1934 overleed, was de eveneens uit de kinine-industrie afkomstige P. Hajonides van der Meulen zijn opvolger. Later in de eeuw traden ook vertegenwoordigers van Staatsmijnen (DSM), de Koninklijke Maatschappij voor Zwavelzuurbereiding (Ketjen, nu Akzo) en de AKU (nu Akzo) toe. Het bestuur van het Hoogewerff-fonds bleef zo lange tijd één van de belangrijkste chemisch-technologische ontmoetingsplaatsen in Nederland.³⁷

Nieuwe chemie, nieuwe industrie

Er zijn twee redenen waarom Amsterdam zo'n grote rol speelde op het gebied van de toegepaste chemie. Enerzijds hadden de hoogleraren E.H. von Baumhauer (1820-1885) en J.W. Gunning reeds vanaf het midden van de negentiende eeuw contacten met plaatselijke bedrijven weten op te bouwen, waardoor er op dat punt een traditie was ontstaan. Anderzijds had zich in Amsterdam door het optreden van mannen als J.H. van 't Hoff, J.D. van der Waals en H.W. Bakhuis Roozeboom (1854-1907) vanaf ongeveer 1880 een internationaal vermaarde school op het gebied van de fysische chemie gevormd. Dit vakgebied was toen uiterst jong; Van 't Hoff was één van de grondleggers. Terwijl in de traditionele anorganische en organische chemie de bijzonderheden van iedere

Tabel 3.2: Connecties van hoogleraren van de TH Delft en de universiteiten met chemische bedrijven

Naam	Ambtsperiode	Vakgebied
Technische Hogeschool Delft		
S. Hoogewerff (1847-1934)	1885-1907	anorganische en organische scheikunde, en analytische scheikunde
L.L. Aronstein (1841-1913)	1894-1911	algemene en fysische scheikunde, en (anorg.) scheikundige technologie
M.W. Beijerinck (1851-1931)	1895-1921	algemene en toegepaste microbiologie
id.	id.	id.
A. Smits (1870-1948)	1906-1907	anorganische en fysische scheikunde
J. Böeseken (1868-1949)	1907-1938	organische scheikunde en analytische scheikunde
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
G. van Iterson jr. (1878-1972)	1907-1948	microscopische anatomie
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
W. Reinders (1874-1951)	1908-1939	anorganische en fysische scheikunde
id.	id.	id.
id.	id.	id.
A.M.A.A. Steger (1874-1953)	1908-1912 (pd)	capita scheikundige technologie
id.	1912-1918 en 1918-1944 (bg)	scheikundige technologie
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
E.E.C. Scheffer (1883-1954)	1917-1953	analytische, anorganische en fysische scheikunde
H.I. Waterman (1889-1961)	1919-1959	scheikundige technologie
A.J. Kluyver (1888-1956)	1921-1956	algemene en toegepaste microbiologie
id.	id.	id.
Universiteit van Amsterdam		
A. Smits (1870-1948)	1901-1904 (pd), 1904-1906 (lec)	technische chemie
id.	1907-1940	fysische chemie
A.F. Holleman (1859-1953)	1905-1924	organische chemie
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
A.M.A.A. Steger (1874-1953)	1907-1912? (pd)	technische chemie
A.H.W. Aten sr. (1877-1950)	1907-1919 (lec), 1919-1941 (bg) en 1941-1948	elektrochemie
G. Hondius Boldingh (1865-1936)	1897-1899 (pd)	??
id.	1909-1912 (bg)	farmaceutische en analytische chemie etc.
id.	1912-1930 (bg)	toegepaste chemie (w.o. farmaceutische en analytische chemie)
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
J.P. Wibaut (1886-1967)	1919-1925 (lec), 1925-1956	organische chemie
id.	id.	id.
Rijksuniversiteit Utrecht		
P. van Romburgh (1855-1945)	1902-1925	organische chemie
id.	id.	id.
H.R. Kruyt (1882-1959)	1912-1916 (lec)	fasenleer
id.	1916-1921 (bg) en 1921-1946	fysische chemie
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.
id.	id.	id.

Toelichting: bg = buitengewoon hoogleraar; lec = lector; pd = privaatdocent.

Bron: Van Nierop en Baak, Naamlooze Vennootschappen en talloze biografische bronnen.

Industr. functie	Periode	Bedrijf
commissaris	1901-1934	Fabriek van Chemische Producten (Vondelingenplaat)
commissaris	1898-1913	Maatschappij tot Bereiding van Koolteerproducten
employé	1885-1895	Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek
adviseur	1895-?	Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek zie Universiteit van Amsterdam
adviseur	1916-1939	Anton Jurgens' Vereenigde Fabrieken
adviseur	1916-?	Fabriek van Chemische Producten (Vondelingenplaat)
commissaris	1917-1949	Fabriek van Chemische Producten (Vondelingenplaat)
adviseur	1920?-1939?	Industriele Maatschappij v/h Noury & Van der Lande
adviseur	1926-1938	Chemische Fabriek L. van der Grinten
commissaris	1931-1934	Nederlandsche Kininefabriek
commissaris	1912-1929	Fabriek van Kaasstremsel, Kaas- en Boterkleursel/Chemische Industrie Van Hasselt
commissaris	1916-1935	Vereenigde Nederlandsche Rubberfabrieken
commissaris	1919-1926	Amsterdamsche Rubberfabrieken voorheen Pompe & Co.
commissaris	1923-1929	Chemisch-pharmaceutische Industrie "Saenredam"
commissaris	1929c-1938	Handels-Vereeniging Amsterdam
commissaris	1911-1913	Electrozuur- en Waterstoffabriek
commissaris	1911-1916	Chemische Industrie "Amsterdam-Holland"
commissaris	1918-1929	Stikstofbindingsindustrie "Nederland"
directeur	1901-1910	Watergas-Maatschappij Systeem Dr. Kramers en Aarts
directeur	1906-1910	Maatschappij tot Exploitatie der Watergas-Patenten Dr. Kramers en Aarts
adviseur	v1912	Septic Tank Company
adviseur	v1912	Maatschappij tot Installatie van Onontploffbare Tanks
adviseur	v1912	azijnzuurfabriek in Amsterdam
adviseur	1913	J.F.J. Kolkman/ Maatschappij voor Chemische en Metallurgische Industrie (i.o.)
employé/adviseur	1918-1925?	Ant. Jurgens' Vereenigde Fabrieken
adviseur	1928-?	lab Amsterdam BPM
adviseur	1927-1940 en 1946-1959	Bataafsche Petroleum Maatschappij + lab Amsterdam BPM
employé/adviseur	1920-1921	Oliefabriek Insulinde, Bandoeng
adviseur	1921?-1956?	Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek
commissaris	1917-1918	Hollandsche Benzol en Benzine Maatschappij
commissaris	1911-1929	Nederlandsche Kunstzijdefabriek
commissaris	1916-1950	Chemische Fabriek "Naarden"
commissaris	1918	Electrochemische Industrie "Nederland"
commissaris	1925-1934	Maekubee, Maatschappij tot Exploitatie van Kunstzijdefabrieken in het Buitenland
commissaris	1929-1935	Algemeene Kunstzijde Unie
commissaris	1929-1935	Fluida, Maatschappij tot Exploitatie van Kunstzijdefabrieken
commissaris	1929-1931	Plumba, Maatschappij tot Exploitatie van Kunstzijdefabrieken zie Technische Hogeschool Delft
directeur	1918	Electrochemische Industrie "Nederland"
directeur	1897-1909	Hollandsche Melksuikerfabriek
commissaris	1906-1913	Chemische Fabriek "Flevo"
commissaris	1909-1936	Hollandsche Melksuikerfabriek
commissaris	1910-1913	Eerste Nederlandsche Thorium en Gasgloeilicht-Fabriek
directeur	?-1914	(bi)sulfiet fabriek (fa. Hondius Boldingh?)
commissaris	1914-1916 en 1921-1924	Chemische Fabriek "Naarden"
directeur	1916-1921	Chemische Fabriek "Naarden"
directeur	1921-1923	Nederlandsche Kleurstoffenfabriek
directeur	1921-1923	Maatschappij voor Zwavelzuurbereiding (Ketjen)
commissaris	1923-?	Nederlandsche Kleurstoffenfabriek
adviseur	1931-1936	Maatschappij voor Zwavelzuurbereiding (Ketjen)
employé/adviseur	1918-1919	Amsterdamsche Superfosfaat-Fabriek
adviseur	1928-?	lab Amsterdam BPM
commissaris	1910-1935	Nederlandsche Gutta-Percha Maatschappij
commissaris	1916-1918	Verfstoffenfabriek "Holland" v/h Dr. Remmert & Co.
adviseur	1918-?	Lijm- en Gelatinefabriek
commissaris	1924-1935	Hollandsche Kunstzijde Industrie
commissaris	1930-1933	Kunstzijdefabriek Breda Silka
adviseur	?-?	Nederlandsche Linoleumfabriek
adviseur	?-?	Algemeene Norit Maatschappij
commissaris	1936-?	Vereenigde Chemische Fabrieken (Albatros)

Een laboratoriumruimte van de Chemische Fabriek Naarden omstreeks 1918, met op de laboratoriumtafel glaswerk voor het doen van organisch-chemische proeven. In het midden de apothekeres M.C.A. van der Kreke – later hoofd van het laboratorium voor de suikerindustrie in Nederlands-Indië – en uiterst rechts het hoofd van het laboratorium ir. M. van Breukeleveen, met naast hem ir. S. Tijnstra Fzn, die van 1917 tot 1919 bij 'Naarden' betrokken was bij het opstarten van de sacharine-fabriek en bij de productie van aniline, een uitgangsstof voor de bereiding van kleurstoffen. Van Breukeleveen kwam in 1909 in dienst om W.A. van Dorp jr. te assisteren in het laboratorium. Daarvoor was hij jaren assistent geweest van professor S. Hoogewerff en van W.A. van Dorp sr., de vader van de technisch directeur van 'Naarden'.



afzonderlijke stof centraal stonden, streefde men in de fysische chemie naar het met mathematische en fysische hulpmiddelen opstellen van wetmatigheden en regels die voor alle chemische reacties en stoffen zouden gelden. Daarbij ging het bijvoorbeeld over de 'ligging' van chemische evenwichten, over de stabiliteit van stoffen en oplossingen en om een mathematische beschrijving van de snelheid van chemische reacties. Het laboratorium van Van 't Hoff en diens opvolger Bakhuis Roozeboom was toonaangevend op dit gebied. Uit binnen- en buitenland kwamen studenten naar Amsterdam om inzicht te krijgen in wat volgens sommigen niets minder dan een 'algeheele transformatie' van de chemie inhield.³⁸ Zo werd het Amsterdamse laboratorium een kweekplaats voor een hele generatie fysisch-chemici. Toen zij het nieuwe vakgebied in hun curriculum wilden opnemen, rekruteerden de andere Nederlandse universiteiten haast zonder uitzondering hun hoogleraren uit Amsterdam. Fysisch-chemici als Cohen (Utrecht), Kruyt (Utrecht), Smits (Delft en Amsterdam), Reinders (Delft) en Scheffer (Delft) waren dan ook allen afkomstig uit de 'Amsterdamse school'.

Hetzelfde geldt voor de reeds genoemde Amsterdamse farmaceut en chemicus Hondius Boldingh, die in 1893 op dezelfde dag zowel in de natuurkunde als in de scheikunde promoveerde op onderzoek dat hij onder leiding van Van 't Hoff had gedaan.³⁹

Ook op aangrenzende gebieden deed Van 't Hoff zijn invloed gelden. Holleman bijvoorbeeld, die in Leiden organische chemie had gestudeerd, legde tijdens een tweejarig assistentschap bij Van 't Hoff de basis voor een nieuwe, meer fysisch-chemisch georiënteerde aanpak in de organische chemie, waarbij aandacht aan kwantitatieve relaties en reactiesnelheden werd besteed. Toen hij, vóór zijn benoeming tot hoogleraar in Amsterdam, van 1893 tot 1905 hoogleraar in Groningen was, schooldde hij ook zijn uit Delft afkomstige

assistent J. Böeseken (1868-1949) in die richting. Beiden gelden als de grondleggers van de fysisch-organische chemie in Nederland. Ook Steger, die in Amsterdam in zowel de organische als de fysische chemie was opgeleid, promoveerde op een fysisch-organisch chemisch proefschrift waarin hij de snelheid van een organisch-chemische reactie bepaalde.⁴⁰

Afgezien van Hoogewerff – die van een oudere generatie was en notabene in 1869 een van de middelbareschoolleeraren van Van 't Hoff was geweest – en 'pure Delftenaren' als Van Iterson en Waterman, kwam zodoende vrijwel de gehele groep van industrieel georiënteerde hoogleraren direct of indirect voort uit de Amsterdamse fysisch-chemische school. De grote belofte die de fysische chemie en fysisch-organische chemie voor de industrie inhield, was dat algemene wetmatigheden van chemische processen werden bestudeerd waardoor er uitspraken konden worden gedaan over de condities waaronder een reactie het beste kon worden uitgevoerd, over het toepassen en verbeteren van de toen zeer in de belangstelling staande katalysatoren, en over het optimaliseren van methoden om het gewenste eindproduct zo zuiver mogelijk af te scheiden. Kennis over de synthese van organische verbindingen op laboratoriumschaal was al lange tijd in Nederland aanwezig, maar er was geen industrie van betekenis ontstaan omdat bij een grootschalige uitvoering van zulke reacties veel meer kwam kijken. Kennis van de reactiewarmte en -snelheid, van katalysatoren en scheidingsprocessen was dan nodig en het waren juist die terreinen waarop de nieuwe fysische chemie haar licht kon laten schijnen. Dat juist de industrieel gerichte opleiding in Delft zoveel chemici aanstelde uit de Amsterdamse fysisch-chemische school, wordt daardoor begrijpelijk.

De periode 1900-1920 vormt dus niet alleen een breuk in de

geschiedenis van de chemische industrie omdat toen voor het eerst op grote schaal technologen en chemici in dienst werden genomen, maar ook omdat toen een geheel nieuw type kennis zijn weg vond naar de industrie. Zagen de laatste twee decennia van de negentiende eeuw de opkomst van de fysische chemie als academisch vakgebied, gedurende de eerste decennia van de twintigste eeuw kreeg dit vakgebied ook binnen de industrie een voet aan de grond. In meerdere opzichten maakte de chemische industrie zich toen los van haar negentiende-eeuwse wortels.

De oprichting van onderzoekslaboratoria in de industrie

Parallel aan de toenemende samenwerking tussen het hoger onderwijs en de industrie gingen verschillende bedrijven ertoe over onderzoekslaboratoria op te richten. In zaken die tot de kern van de bedrijfsactiviteiten behoorden, voer men liever niet blind op extern advies.

Laboratoria als zodanig bestonden al langer in de chemische industrie, maar slechts zelden deden ze meer dan de uitvoering van analytisch-chemische routinebepalingen en enige materiaalcontrole. Toen tussen 1906 en 1909 het Schiedamse onderzoekslaboratorium van de BPM onder leiding van Knoops geleidelijk vorm kreeg, was dit een van de eerste industriële researchlaboratoria in Nederland. Alleen de in Delft gevestigde Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek ging de BPM voor toen het bedrijf in 1885 de bacterioloog M.W. Beijerinck aantrok en hem researchfaciliteiten bood. De reden voor dit opmerkelijke initiatief was in de eerste plaats het verlichte ondernemerschap van directeur J.C. van Marken, een unieke figuur in de Nederlandse ondernemerswereld, en daarnaast het feit dat de voor het bedrijf in potentie zeer relevante discipline van de bacteriologie toen een geheel nieuw onderzoeksgebied was dat niet aan de universiteiten werd bedreven. Alleen door zelf onderzoek te starten kon het bedrijf hopen in de pas te blijven lopen met de internationale ontwikkeling. Het laboratorium was overigens lange tijd bescheiden van omvang: tot in de jaren twintig waren er hooguit twee academici met onderzoek bezig.⁴¹

Omstreeks 1910 richtte ook het toen snel groeiende Philips-concern in Eindhoven een chemisch laboratorium in onder leiding van de scheikundige ingenieur J.C. Lokker, die assistent van Böeseken was geweest. De werkzaamheden waren aanvankelijk voornamelijk routinematig van aard, hoewel er af en toe ook meer diepgaande onderzoekingen voor de fabrieken werden gedaan. Eind 1912 telde het laboratorium reeds zes scheikundige ingenieurs en twaalf laboratoriumassistenten. Een nieuwe fase trad in toen het bedrijf in 1914 de Leidse fysicus Gilles Holst in dienst nam als hoofd van een nieuw Natuurkundig Laboratorium, gericht op het uitvoeren

van fysische en fysisch-chemische research. Dit was wenselijk omdat in Amerika een geheel nieuw type gloeilamp was ontwikkeld, waarvan de ontwikkeling fundamentele kennis van warmtegeleiding, metaaleigenschappen en het hanteren van edelgassen vereiste. Ook hier zien we dus dat nieuwe wetenschappelijke en technische bedreigingen en uitdagingen de aanleiding waren voor de organisatie van bedrijfsinterne research. Chemisch en fysisch onderzoek vonden weldra beide plaats. De omvang ervan bleef echter bescheiden. Tot ongeveer 1920 werkten er slechts drie 'doktoren in de Wis- en Natuurkunde', bijgestaan door acht assistenten. Toen zette de expansie in, onder invloed van de hernieuwde contacten met Amerika. Reeds in 1921 was er sprake van elf of twaalf doctoren en ingenieurs met ongeveer veertien assistenten. Het 'Natlab' ontwikkelde zich vervolgens tot een van de toonaangevende Nederlandse industriële laboratoria.⁴²

De laboratoria van 'de Gist', de BPM en Philips zijn, voorzover bekend, de enige onderzoekslaboratoria die reeds vóór de Eerste Wereldoorlog ontstonden. Voor het overige was routinematig onderzoek tot 1914 de regel. Onder druk van de oorlog veranderde de situatie echter. Er ontstond schaarste aan allerhande grondstoffen en tussenproducten, waardoor de industrie gedwongen was naar alternatieven te speuren en nieuwe processen te ontwikkelen. Bovendien ontstonden er door het wegvallen van de buitenlandse concurrentie tal van kansen om nieuwe producten en processen in te voeren in het bedrijf (hoofdstuk vier). Wetenschappelijk en technisch onderzoek was daartoe nodig en de Eerste Wereldoorlog kan dan ook met recht de ontstaansperiode van de industriële research in Nederland worden genoemd. Kleine onderzoekslaboratoria kwamen toen overal van de grond. Na 1918 ontwikkelde de chemische industrie zich met betrekking tot de research in twee richtingen. In sommige bedrijven werd het wetenschappelijk onderzoek gestaakt. Blijkbaar zag men research daar hoogstens als een noodsporg in moeilijke omstandigheden. Andere bedrijven vervolgden evenwel de ingeslagen weg en zorgden voor een verdere expansie van het wetenschappelijke onderzoek.

De opkomst van de industriële research tijdens de oorlog ontging de tijdgenoten niet. Op 9 december 1918 informeerde de toen op het Groningse Rijkslandbouwproefstation werkzame scheikundige ingenieur J. Hudig bij A. ter Horst, directeur van 'Vondelingenplaat', of er bij diens fabriek een vacature in het laboratorium was.

'Ik vraag dit in mijn eigen belang, daar ik in de industrie op een onderzoekingslaboratorium emplacee zoek. (...) [V]oor al nu de grootere industrieën tot de instelling van een onderzoekingslaboratorium overgaan, [zou ik] van werkkring willen veranderen. Mede vindt deze wensch oorzaak in het feit, dat de Rijksorganisatie veelal stroef en traag werkt en niet altijd vrije keuze laat voor personen en middelen'.⁴³

Nadat de directie van de Koninklijke/Shell in 1927 had besloten om de researchinspanningen sterk op te voeren, werd in 1928-1929 op het terrein van het laboratorium in Amsterdam de eerste vleugel van het zogeheten 'Groot Laboratorium' gebouwd. De foto toont een van de laboratoriumzalen. In 1929 werkten er 443 personen in het Amsterdamse laboratorium van de BPM, verdeeld over ongeveer dertig researchgroepen en enkele proeffabrieken.



Ter Horst bevestigde dat er inderdaad een 'onderzoekingslaboratorium' aan zijn bedrijf verbonden was, maar daar was geen plaats, temeer omdat, zo vlak na het einde van de oorlog, 'de buitenlandsche toestanden niet van dien aard [waren] dat men op het oogenblik iets zou durven wagen'. Ter Horst raadde Hudig dan ook aan het elders te proberen:

'De groote uitbreidingen van de zaken der Vereen. Chemische Fabrieken en de Amsterdamsche Superfosfaatfabriek te samen is U natuurlyk wel bekend; men krygt een groot laboratorium in Utrecht, en in den laatsten tyd zyn zeer vele scheikundigen aangenomen. Ik weet niet in hoeverre deze combinatie plannen [heeft] ook in de wetenschappelyk landbouwkundige richting werkzaam te zyn. Naar myn oppervlakkige meening zou een dergelyke werkzaamheid niet onmogelyk en misschien voor hen niet onverstandig zyn'.

Voor een proefstation-ingenieur als Hudig zouden er dan, volgens Ter Horst, natuurlijk kansen zijn.⁴⁴

Naast 'Vondelingenplaat' en de VCF/ASF-combinatie richtte ook de Industriële Maatschappij Noury & Van der Lande, die onder druk van de tijdsomstandigheden de stap van de voedingsindustrie naar de chemie zette, tijdens de wereldoorlog een bescheiden onderzoekslaboratorium in Deventer in. Dit stond onder leiding van de chemicus E.C. Sutherland. Na de oorlog werd de Delftse hoogleraar Böeseken adviseur, waarna de researchorganisatie sterk werd uitgebreid. Henri Gelissen, de latere minister, promoveerde in 1925 op zijn in Deventer verrichte werk.⁴⁵

Ook het Jurgens-concern zette in de oorlog de stap richting chemie.

Al rond 1905 was de Deense farmaceut Knud Erslev aangetrokken om in Oss proeven te doen. Hier kwam later het bacteriologische laboratorium van het bedrijf uit voort. Een researchorganisatie zette het bedrijf in 1916 op. Kort na elkaar kwamen toen de Delftse bacterioloog H.C. Jacobson (1882-1952) en de scheikundigen Van der Want, Dujardin, Alting Mees en Schut in dienst. Het bedrijf diversifieerde in die tijd snel in de chemie, door onder meer een aantal zeepfabrieken over te nemen. In een nieuw chemisch laboratorium in Zwijndrecht werd veel onderzoek op het gebied van de katalytische harding van oliën en vetten gedaan. Opnieuw was Böeseken extern adviseur.⁴⁶

Na de Eerste Wereldoorlog begon ook Jurgens' grote concurrent Van den Bergh aarzeland met onderzoek. Men stelde in 1921 in het reeds bestaande fabriekslaboratorium te Rotterdam de van de BPM afkomstige Delftse scheikundige S.H. Bertram aan. Deze zag kans naast zijn dagelijkse bezigheden aan een proefschrift te werken waarop hij in 1928 bij Waterman promoveerde. Tezelfdertijd vond ook de fusie tussen Jurgens, Van den Bergh en Lever Brothers plaats, waardoor het Unilever-concern ontstond. Erslev en Jacobson verhuisden van Oss naar Rotterdam, waar het bacteriologische onderzoek werd geconcentreerd. Het chemische laboratorium van Unilever – dat in 1937 dertig personeelsleden telde – bleef in Zwijndrecht tot de verplaatsing naar Vlaardingen in 1955.⁴⁷ De Arnhemse ENKA (later AKU) richtte begin jaren twintig een researchlaboratorium in. Hetzelfde deed de in Breda gevestigde Hollandsche Kunstzijde Industrie (HKI) in 1924, met H.R. Kruyt als adviseur. Na de fusie, eind jaren twintig, tussen de AKU, de HKI en het Duitse bedrijf Glanzstoff, richtte men in 1933 een aparte naamloze vennootschap op, de in Arnhem gevestigde N.V.

Onderzoeksinstituut Research, waar onderzoek werd gedaan dat voor alle drie de bedrijven van belang was. Aangezien bovendien de reeds bestaande onderzoekslaboratoria veelal bleven bestaan, was de totale researchinspanning bij de AKU/HKI toen veel groter dan bij Unilever.⁴⁸

Ook Staatsmijnen richtte vlak na de Eerste Wereldoorlog een laboratorium op bij de cokesfabriek Emma, dat onder leiding stond van J.W.H. Uytendogaard en, later, H.A.J. Pieters.

Veel ruimte voor research was er echter niet, totdat G. Berkhoff in de loop van de jaren dertig onderzoekswerk in het laboratorium van het Stikstofbindingsbedrijf van de grond wist te krijgen. Na de oprichting van een nieuw laboratoriumgebouw in 1939 kwam er een fusie van beide laboratoria tot stand en nam het onderzoek bij Staatsmijnen een grote vlucht. Andere researchlaboratoria bevonden zich in de jaren twintig en dertig in de farmaceutische industrie, bijvoorbeeld bij Brocades en Organon, en bij de Koninklijke Stearinekaarsenfabriek 'Gouda-Apollo', toen een van de grootste chemische bedrijven van Nederland.⁴⁹

Samenvattend kunnen we stellen dat de toename van de kennisintensiteit van de Nederlandse chemische industrie zich in fases voltrok. De eerste fase vond plaats toen tussen 1895 en 1914 steeds grotere aantallen technologen door de industrie werden aangesteld en sommige bedrijven, zoals de BPM, geleidelijk een begin met eigen onderzoek maakten. Een tweede fase voltrok zich tijdens de Eerste Wereldoorlog, toen de contacten die de TH Delft en de universiteiten met de industrie onderhielden sterk in frequentie en intensiteit toenamen. Bovendien maakten vele bedrijven in die tijd een begin met het opzetten van bedrijfsinterne research. Na de oorlog brak een derde fase aan, waarin processen die tijdens de oorlog waren ingezet zich voortzetten, terwijl tevens de schaal waarop het onderzoek plaatsvond sterk toenam, veelal in reactie op buitenlandse concurrentie.⁵⁰

De ontwikkelingen bij de BPM vormen van dat laatste een duidelijke illustratie. In 1925 werkten er als gezegd reeds 80 personen in het in Amsterdam-Noord gevestigde laboratorium. De onderzoeksthema's lagen toen op het terrein van benzine, de fractie van de aardolie die steeds belangrijker werd door de verbreiding van de auto met explosiemotor. De eigen experimenten stonden voorop in de kennisverwerving, en daarnaast werden vakbladen gescanned. In die tijd was het BPM-lab geabonneerd op 15 Duitse en Engelse tijdschriften, en op *De Ingenieur*. Opmerkelijk genoeg niet op het *Chemisch Weekblad*, waarschijnlijk omdat men ervan uitging dat de scheikundige ingenieurs dit vanwege hun lidmaatschap van de Nederlandsche Chemische Vereniging toch wel in de bus kregen; een fraai staaltje zuinigheid in het onderzoeksbeleid. Er werd frequent samengewerkt met het laboratorium van Waterman aan de TH Delft, de enige plek in het Nederlands hoger onderwijs waar toen chemisch onderzoek aan aardolie werd gedaan. Terwijl het Amsterdamse lab verder groeide, trad een belangrijke inhoudelijke uitbreiding op

toen de BPM in 1927 onder druk van buitenlandse concurrentie besloot zich nadrukkelijk op het terrein van de chemie te begeven. Een afdeling chemische research werd opgericht onder leiding van A.J. van Peski, die na een industriële carrière bij Vondelingenplaat in Delft hoofdassistent bij Böeseken was geworden. De samenwerking met het laboratorium van Waterman op het gebied van aardolie-onderzoek werd geïntensiveerd. Daarnaast benoemde de BPM in 1928 ook andere hoogleraren, onder wie Wibaut voor organische chemie en Scheffer voor fysische chemie, tot adviseurs van het Amsterdamse laboratorium (zie hoofdstuk vijf).⁵¹

De research van de BPM veranderde van karakter. Het onderzoek was niet alleen meer gericht op het oplossen van praktijkproblemen, maar voortaan ook op het verkennen en vervolgens strategisch bezetten van nieuwe transformaties van grondstoffen en nieuwe routes naar producten. De militaire beeldspraak is niet toevallig. Men kan hier, geïnspireerd door de studies van Thomas P. Hughes naar grote technische systemen, van een opkomend petrochemisch systeem spreken, in concurrentie met een gedeeltelijk gevestigd maar door de nieuwe uitdagingen tot uitbreiding gedwongen koolteerchemisch systeem. De betrokkenen identificeren de *reverse salients* bij de expansie van deze systemen, en zetten onderzoek in om deze knelpunten weg te werken.⁵²

Kennisverwerving en de daaruit resulterende kennisintensiteit werden aangedreven door strategische belangen. Rond de eeuwwisseling werden deze belangen gedefinieerd als te realiseren producteigenschappen bij wisselende grondstofkwaliteit, in de strijd om bestaande markten. Vanaf circa 1930 was de wereld van de chemie zoveel beter geworden in het verwerken van grondstoffen en het realiseren van producten dat toekomstige markten en strategische inschattingen doorslaggevend werden.

Kennisverwerving als zodanig werd daarom een steeds groter strategisch belang. De BPM bouwde in samenwerking met de laboratoria van de TH Delft, Staatsmijnen en Unilever met name op het gebied van de katalyse een positie op die internationale erkenning vond. De 'Dutch School of Catalysis' werd in de jaren vijftig toonaangevend. Toen in 1939 het Amsterdamse laboratorium van de Bataafsche werd uitgebreid, schreef het bedrijf over de bouw: 'Het nieuwe research-laboratorium zal een tempel der wetenschap worden, waar toegewijde dienaren zich met fundamentele onderzoekingen op het gebied der natuurkundige en scheikundige wetenschappen en der techniek bezighouden.' Meer dan 1200 personen waren in dat jaar alleen al in dit ene laboratorium werkzaam, waarmee het BPM-laboratorium te Amsterdam veruit het grootste laboratorium van Nederland was.⁵³ Er was inderdaad veel gebeurd in de chemische techniek sinds de tijd dat W.C. Knoop in een oude jeneverstokerij in Schiedam met zijn eerste research voor de Koninklijke begon.

Ernst Homburg, Arie Rip en James Small

Chemie/hoofdstuk 3**Chemici, hun kennis en de industrie****Archieven**

Archief Shell, Den Haag.

Unilever, Historisch Archief, Rotterdam.

Noten

- 1 N.G. de Voogt en A.J.C. de Waal, 'Scheikunde en scheikundige technologie' in *Wat is een uitvinding en wat werd in een kwart eeuw uitgevonden?* ('s-Gravenhage 1937); C. Freeman en L. Soete, *The economics of industrial innovation* (Cambridge, Mass. 1997) 85-136; E. Homburg, 'De "Tweede Industriële Revolutie". Een problematisch historisch concept', *Theoretische Geschiedenis* 13 (1986) 367-385. Met dank aan Geert Somsen voor zijn commentaar.
- 2 E. Homburg, 'Two factions, one profession: the chemical profession in German society 1780-1870' in D. Knight en H. Kragh eds., *The making of the chemist. The social history of chemistry in Europe, 1789-1914* (Cambridge 1998) 39-76; G.J. Somsen, 'Selling science: Dutch debates on the industrial significance of university chemistry, 1903-1932' in A.S. Travis e.a. eds., *Determinants in the evolution of the European chemical industry, 1900-1939: new technologies, political frameworks, markets and companies* (Dordrecht, Boston en Londen 1998) 143-168, aldaar 143-144.
- 3 E. Homburg, 'The emergence of research laboratories in the dyestuffs industry, 1870-1900', *British Journal for the History of Science* 25 (1992) 91-111.
- 4 C. Gerretson, *Geschiedenis der 'Koninklijke'* (Utrecht 1939) 2e druk, dl. 1 en dl. 2, 58-88, 327-351; Archief Shell, Den Haag, inv.nr. 190B, no. 64, 'Technische ontwikkeling der Dordtsche Petroleum Maatschappij'.

- 5 Archief Shell, inv.nr. 190B, no. 64, 'Technische ontwikkeling'; idem, inv.nr. 190D, no. 792, biografie Pijzel; H. van Voorst Vader-Duyckinck Sander, *Leven en laten leven: een biografie van ir Adriaan Stoop, 1856-1935* (Haarlem 1994).
- 6 Archief Shell, inv.nr. 3, no. 36, 160, 166, 213, 223 en 311, inv.nr. 5, no. 236, 628-629, 634-636, en inv.nr. 190C, no. 2A: correspondentie met K. Engler, 1892-1894, H. en F. van Heumen, 1893-1896, A. von Gröling, 1895-1906, Koning & Bienfait, 1905, en met het Technisch Bureau 'Insulinde' (voorheen H. en F. van Heumen), 1905.
- 7 I. Vledder, E.S. Houwaart en E. Homburg, 'Particuliere laboratoria in Nederland. Deel 1: opkomst en bloei, 1865-1914', *NEHA-Jaarboek voor de economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 62 (1999) 249-290; H.F.J.M. van den Eerenbeemt ed., *Van boterkeursel naar kopieersystemen. De ontstaansgeschiedenis van Océ-van der Grinten, 1877-1956* (Leiden 1992) 150-158.
- 8 S. Hoogewerff, 'Een en ander in verband met petroleum', *18e Jaarverslag 1908-1909 van het Technologisch Gezelschap te Delft* (Delft 1909) 15-43, citaat op p. 43.
- 9 Archief Shell, inv.nr. 3, no. 216 en inv.nr. 5, no. 236, correspondentie met en over Van Groningen, 1892; inv.nr. 5, no. 628-629, correspondentie met Würthle, 1893; inv.nr. 190D, no. 789; W.P.H. Du Pon, 'Beschrijving van de werkzaamheden bij de "Koninklijke" te Pangkalan Brandan in 1891 en latere jaren en persoonlijke ervaringen', ook (sterk geredigeerd) gepubliceerd in *Olie* (1955) en onder de titel *Terugblik van een pionier*.
- 10 Koninklijke Nederlandsche Maatschappij tot Exploitatie van Petroleumbronnen in Nederlandsch-Indië. *Verslag over 1895*; Gerretson, *Geschiedenis der 'Koninklijke'*, dl. 1, 184-185, dl. 3, 339.
- 11 Gerretson, *Geschiedenis der 'Koninklijke'*, dl. 2, 131-148, 230-233, dl. 3, 362, 362-366; Archief Shell, inv.nr. 3, no. 36 (reis Van Loo naar Galicië) en inv.nr. 5, no. 253-254 (kopieboeken paraffinelaboratorium).
- 12 Gerretson, *Geschiedenis der 'Koninklijke'*, dl. 2, 39, 332, dl. 3, 11, 340-350.
- 13 Archief Shell, inv.nr. 3, no. 105 (Deterding aan Capadose, 23 aug. 1905), inv.nr. 3, no. 37, 200, 365 en inv.nr. 5, no. 6, 727, 900 (correspondentie met/over Jones en Robinson, 1906-1909); H.O. Jones en H.A. Wootton, 'The Chemical Composition of Petroleum from Borneo', *Journal of the Chemical Society. Transactions* 91/2 (1907) 1146-1149; J. Shorter, 'Humphrey Owen Jones, F.R.S. (1878-1912), chemist and mountaineer', *Notes and Records of the Royal Society* 33 (1979) 261-277. Henriques dateerde, geheel ten onrechte, de Britse ontdekking vijf jaar eerder: R. Henriques, *Marcus Samuel. First viscount of Bearsted and founder of The 'Shell' Transport and Trading Company, 1853-1927* (Londen 1960) 457-459, 553, 597, en R. Henriques, *Sir Robert Waley Cohen, 1877-1952* (Londen 1966).
- 14 Archief Shell, inv.nr. 3, no. 105 (Loudon aan Deterding, 28 juni 1905), inv.nr. 3, no. 36, 107, 200, inv.nr. 5, no. 723-724, 899-900, inv.nr. 190C, no. 2A (correspondentie met/over Knoops).
- 15 Archief Shell, inv.nr. 3, no. 37, 200-201, 365 en inv.nr. 5, no. 6, 727-728 (correspondentie met/over Knoops, Groeneveld en Robinson, 15 nov. 1906 t/m juli 1909).
- 16 Archief Shell, inv.nr. 3, no. 202, W. van Tienen aan directie BPM, 12 nov. 1910.
- 17 Archief Shell, inv.nr. 3, no. 202, H. Loudon aan W. van Tienen, 15 nov. 1910.
- 18 Octrooien (1910) op het door Van Tienen gevonden sulfoneerproces werden in verschillende buitenlandse staten genomen. Nederland kende toen nog geen octrooiwet. Archief Shell, inv.nr. 3, no. 202 (brieven 29 juli 1910, 21 jan. 1911 en 7 juli 1911). Voor citaat, zie [J.H. Schweppe ed.], *Research aan het IJ. LBPMA 1914 - KSLA 1989: De geschiedenis van het 'Lab Amsterdam'* (Amsterdam 1989) 11.
- 19 Schweppe, *Research aan het IJ*; Vgl. E.S.A. Bloemen, 'Bezieling en "esprit d'équipe". Industriële research in Nederland in het interbellum' in P. Boomgaard e.a. eds., *Exercities in ons verleden. Twaalf opstellen over de economische en sociale geschiedenis van Nederland en koloniën, 1800-1950* (Assen 1981) 153-167.
- 20 G.P.J. Verbong en E. Homburg, 'Chemische kennis en chemische industrie' in Lintsen e.a. eds., *Geschiedenis van de techniek in Nederland* (Zutphen 1994) dl. 5, 242-269, aldaar 267-269; F.H. Eijndman jr., 'De scheikunde aan de Polytechnische School', in [H.H.R. Roelofs Heyrmans ed.], *Gedenkschrift van de Koninklijke Akademie en van de Polytechnische School, 1842-1895, samengesteld ter gelegenheid van de oprichting der Technische Hogeschool* (Delft 1906) 265-278; Somsen, 'Selling science', 143 en 148.
- 21 L.L. Aronstein, *Het doel van het onderwijs in de scheikundige technologie* (Delft 1894) 29.
- 22 *Programma der lessen van de Polytechnische School te Delft, 1864 t/m 1905*; S. Hoogewerff, 'Rede, als eerste college in den cursus 1891/92', *Delftsche Studenten-Almanak voor 1892* (Delft z.j.) 122-138; Eijndman, 'De scheikunde aan de Polytechnische School'; M. Groen, *Het wetenschappelijk onderwijs in Nederland van 1815 tot 1980: een onderwijskundig overzicht. II. Wis- en natuurkunde, letteren, technische wetenschappen, landbouwwetenschappen* (Eindhoven 1988) 233-240.
- 23 Roelofs Heyrmans ed., *Gedenkschrift*, bijlage x; A.F. Kamp ed., *De Technische Hogeschool te Delft, 1905-1955* ('s-Gravenhage 1955) 'Naamlijsten, grafieken', xxviii; H. Baudet, *De lange weg naar de Technische Universiteit Delft* ('s-Gravenhage 1993) dl. 2, 767.
- 24 *Programma der lessen van de Technische Hogeschool te Delft, 1905 t/m 1930*; Kamp ed., *De Technische Hogeschool*, 246-255.
- 25 A.M.A.A. Steger, 'Het onderwijs in de chemische technologie aan de Technische Hogeschool', *De Ingenieur* 33 (1918) 515-520, aldaar 516.
- 26 Zie de brieven die A. ter Horst tussen 25 januari 1899 en 13 januari 1900 ontving, in bezit van dr. A.M. ter Horst te Vierhouten. Zie ook *75 jaar Vondelingenplaat. Speciale uitgave van 'In geuren en kleuren'* (z.p. 1976).
- 27 Roelofs Heyrmans ed., *Gedenkschrift*, 277.
- 28 H.I. Waterman, *Wetenschap en chemische industrie* (Inaugurele rede Delft, Dordrecht 1919); H.I. Waterman, 'Ontwikkeling van de chemische industrie en het chemisch technisch onderzoek', *Chemisch Weekblad* 55 (1959) 309-315.
- 29 Vgl. K.E. Sluyterman en H.J.M. Winkelman, 'The Dutch family firm confronted with Chandler's dynamics of industrial capitalism', *Business History* 35 (1993) 152-183.
- 30 A.M.A.A. Steger, *De samenwerking van theorie en praktijk in de chemische techniek* (Openbare les, Amsterdam 1907); Somsen, 'Selling science', 143-145, 149-153; H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. 2. De ontwikkeling van chemie en chemische technologie, 1900-1950* (Delft 1997) 167-168.
- 31 Somsen, 'Selling science', 144; H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delft 1993) 169-172.
- 32 Snelders, *Van alchemie tot chemie*, 167-168; D.W. van Krevelen, 'Vijftig jaar activiteit in de chemische technologie' in *Werken aan scheikunde: 24 memoires van hen die de Nederlandse chemie deze eeuw groot hebben gemaakt* (Delft 1993) 243-263. Zie ook de voorwoorden van Leidse dissertaties uit de jaren dertig.
- 33 *De oogst: een overzicht van het wetenschappelijk werk van prof. dr. ir. H.I. Waterman, te zamen gebracht ter gelegenheid van zijn aftreden als hoogleraar in de chemische technologie aan de Technische Hogeschool te Delft* (z.p. 1959). Voor de BPM schreef hij bijvoorbeeld vele tientallen (!) rapporten per jaar: Archief Shell, inv.nr. 49, no. 736.
- 34 M. Dendermonde, *Nieuwe tijden, nieuwe schakels. De eerste vijftig jaren van de A.K.U.* (Wormerveer 1961) 25-40, 176; G.J. Somsen, 'Wetenschappelijk onderzoek en algemeen belang'. *De chemie van H.R. Kruyt (1882-1959)* (proefschrift Universiteit Utrecht 1998) 183-186. Vgl. ook Frans van Steijn, *The universities in society: A study of part-time professors in the Netherlands* (proefschrift Universiteit van Amsterdam 1990).

- 35 A.F. Holleman, 'Hoogewerff en de Suikercommissie', *Chemisch Weekblad* 24 (1927) 432-433.
- 36 Snelders, *De ontwikkeling van chemie en chemische technologie*, 221-222.
- 37 Th.E. van Bruggen, *De geschiedenis van het Hoogewerff-fonds* (z.p., z.j.) 8-10. Vgl. brief A.S. van Nierop aan A. ter Horst, 8 mei 1917, in bezit van dr. A.M. ter Horst.
- 38 H.J. van der Beek, *E.H. von Baumhauer: zijn betekenis voor de wetenschap en de Nederlandse economie* (Leiden 1963); Snelders, *Van alchemie tot chemie*, 113-158; J.J. van Laar, 'Over de Gibbs'schen fasenregel', *De Beweging. Algemeen maandschrift voor letteren, kunst, wetenschap en staatkunde* 1 (1905) 207-232, aldaar 208-209; J.W. Servos, *Physical chemistry from Ostwald to Pauling. The making of a science in America* (Princeton, N.J. 1990). Ik dank deze inzichten aan een ongepubliceerde paper van Geert Somsen over colloïden en macromoleculen.
- 39 Snelders, *Van alchemie tot chemie*, 137.
- 40 Snelders, *De ontwikkeling van chemie en chemische technologie*, 122-137; A.M.A.A. Steger, *De substitutiesnelheid van een nitrogroep in o. en p.dinitrobenzol door een oxyalkyl* (proefschrift Amsterdam 1898).
- 41 B. Elema, *Opkomst, evolutie en betekenis van research gedurende honderd jaren gistfabriek* (Delft 1970) 4-34; B. Theunissen, 'Het nut van autonomie. Een andere kijk op M.W. Beijerinck's microbiologie', *Gewina* 17 (1994) 191-205.
- 42 A. Heerding, *Een onderneming van vele markten thuis* (Leiden 1986) (= *Geschiedenis van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken. Deel II* (1891-1922)) 384-392, 411-413.
- 43 Brief Hudig aan Ter Horst, 9 dec. 1918, in bezit van dr. A.M. ter Horst.
- 44 Ter Horst aan Hudig, 10 december 1918, Hudig aan Ter Horst, 12 december 1918, brieven in bezit van dr. A.M. ter Horst.
- 45 C.M. Hogenstijn, *Van rosmolen tot chemische specialiteiten. De geschiedenis van Noury & Van der Lande en de beide betrokken families* (Deventer 1998) 139-180, aldaar 168-171; H.C.J.H. Gelissen, *Over diacylperoxyden, hun constitutie en hun betekenis voor de chemische synthese, Mededeeling uit het Laboratorium der N.V. Industriële Mij. Noury & Van der Lande te Deventer* (Deventer 1925) (tevens proefschrift Delft, onder iets andere titel).
- 46 Unilever, Historisch Archief, Rotterdam: DIR 9-7804; HIS 66-654, 66-656 en 126-1583; Snelders, *De ontwikkeling van chemie en chemische technologie*, 153.
- 47 Unilever, Historisch Archief: DIR 9-7804, 11-7969; HA 66, 4016; HIS 5-129; Snelders, *De ontwikkeling van chemie en chemische technologie*, 143; *Werken aan scheikunde*, 265-291, 377-396; C. Wilson, *De geschiedenis van Unilever. Een beeld van economische groei en maatschappelijke verandering* ('s-Gravenhage 1954) dl. 2; C. Wilson, *Unilever in de tweede industriële revolutie* ('s-Gravenhage 1968).
- 48 Somsen, *Wetenschappelijk onderzoek*, 182; Snelders, *De ontwikkeling van chemie en chemische technologie*, 182-185.
- 49 Gouden research. *DSM Research 50 jaar, 1940-1990* (z.p. 1990); Bloemen, 'Bezieling', 153-167; Snelders, *De ontwikkeling van chemie en chemische technologie*, 180-185; M. Tausk, *Organon. De geschiedenis van een bijzondere Nederlandse onderneming* (Nijmegen 1978); [I. van Goozen ed.], *Van plattelandsapotheek tot Europees bedrijf. Hoe Brocades Yamanouchi werd. Een beknopte bedrijfs geschiedenis van 1798 tot 1995* (Meppel 1995).
- 50 Over enkele op veel grotere schaal opererende buitenlandse laboratoria, zie D.A. Hounshell en J.K. Smith jr., *Science and corporate strategy: Du Pont R&D, 1902-1980* (Cambridge 1988); U. Marsch, 'Strategies for success: research organization in German companies and I.G. Farben until 1936', *History and Technology* 12 (1995) 23-77.
- 51 Archief Shell, inv.nr. 49, no. 736; Schweppe, *Research aan het IJ*, 48.
- 52 Th.P. Hughes, 'The evolution of large technological systems' in W.E. Bijker, Th.P. Hughes en T.J. Pinch, *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology* (Cambridge, Mass. 1987) 51-82.
- 53 J.J.F. Scholten ed., *A short history of the Dutch school of catalysis* (Den Haag 1994); J.W. van Spronsen, 'De Delftse school voor katalyse', *EChO* 7 (1998) 49-54; 'Het laboratorium van de Bataafsche', *Chemisch Weekblad* 36 (1939) 296-298.

Chemie/hoofdstuk 3**Chemici, hun kennis en de industrie**

- AKU-research. De N.V. Onderzoeksinstituut 'Research' van de Algemene Kunstzijde Unie N.V. (Arnhem z.j.).
- E.S.A. Bloemen, 'Bezieling en "esprit d'équipe". Industriële research in Nederland in het interbellum' in P. Boomgaard e.a. eds., *Exercities in ons verleden. Twaalf opstellen over de economische en sociale geschiedenis van Nederland en koloniën, 1800-1950* (Assen 1981) 153-167.
- 1e Eeuwboek van het Technologisch Gezelschap te Delft, 1890-1990 (Delft 1989).
- B. Elema, *Opkomst, evolutie en betekenis van research gedurende honderd jaren gistfabriek* (Delft 1970).
- Gouden research. DSM Research 50 jaar, 1940-1990 (z.p. 1990).
- D.A. Hounshell en J.K. Smith jr., *Science and corporate strategy: Du Pont R&D, 1902-1980* (Cambridge 1988).
- J.J. Hutter, 'Nederlandse laboratoria 1860-1940: een kwantitatief overzicht', *Tijdschrift voor de Geschiedenis van de Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 9 (1986) 150-174.
- A.F. Kamp ed., *De Technische Hogeschool te Delft, 1905-1955* ('s-Gravenhage 1955).
- [H.H.R. Roelofs Heyrmans ed.], *Gedenkschrift van de Koninklijke Akademie en van de Polytechnische School, 1842-1895, samengesteld ter gelegenheid van de oprichting der Technische Hoogeschool* (Delft 1906).
- [J.H. Schweppe ed.], *Research aan het IJ. LBPMA 1914 - KSLA 1989: De geschiedenis van het 'Lab Amsterdam'* (Amsterdam 1989).
- H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delft 1993).
- H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. 2. De ontwikkeling van chemie en chemische technologie, 1900-1950* (Delft 1997).
- G.J. Somsen, 'Selling science: Dutch debates on the industrial significance of university chemistry, 1903-1932' in A.S. Travis e.a. eds., *Determinants in the evolution of the European chemical industry, 1900-1939: new technologies, political frameworks, markets and companies* (Dordrecht, Boston en Londen 1998) 143-168.
- A.M.A.A. Steger, 'Het onderwijs in de chemische technologie aan de Technische Hoogeschool', *De Ingenieur* 33 (1918) 515-520.
- R.P.W. Visser en C. Hakfoort eds., *Werkplaatsen van wetenschap en techniek. Industriële en academische laboratoria in Nederland, 1860-1940* (Amsterdam 1987) (= *Tijdschrift voor de Geschiedenis van de Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 9 (1986) 143-318).
- I. Vledder, E.S. Houwaart en E. Homburg, 'Particuliere laboratoria in Nederland. Deel 1: opkomst en bloei, 1865-1914', *NEHA-Jaarboek voor de economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 62 (1999) 249-290.
- Werken aan scheikunde: 24 memoires van hen die de Nederlandse chemie deze eeuw groot hebben gemaakt* (Delft 1993).