

Speuren op de tast
Een historische kijk op industriële
en universitaire research

Colofon

Basisontwerp en realisatie: Unigraphic, Universiteit Maastricht

Omslagillustratie: foto copyright DSM NV

ISBN 90-5681-192-4

NUR 680

© Ernst Homburg, Eijsden, 2003

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur of uitgever.

Speuren op de tast

Een historische kijk op industriële
en universitaire research

Rede

in verkorte vorm uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van bijzonder hoogleraar Geschiedenis van Wetenschap en Techniek, en hun onderlinge samenhang, vanwege de Stichting Historie der Techniek aan de Faculteit der Cultuurwetenschappen van de Universiteit Maastricht op vrijdag 31 oktober 2003

door

Ernst Homburg



Universiteit Maastricht

Speuren op de tast

Een historische kijk op industriële en universitaire research

Mijnheer de Rector Magnificus,
Leden van het Bestuur van de Stichting Historie der Techniek
Zeer gewaardeerde toehoorders,

Binnen de Faculteit der Cultuurwetenschappen van deze universiteit belijden wij dat wetenschap en techniek een centrale rol spelen in onze moderne cultuur. Ook daarbuiten wordt het inzicht dat onze maatschappij zich ontwikkeld heeft tot een geïndustrialiseerde kennismaatschappij breed gedragen; althans door sommigen luid verkondigd.' Kijken we terug op de afgelopen eeuw, dan kan vooral het industriële onderzoekslaboratorium als het symbool bij uitstek gelden van dit proces van toenemende verwetenschappelijking. Het lijkt immers deze 'uitvindingenfabriek' te zijn geweest die in een hoog tempo als een hoorn des overvloeds, of doos van pandora, zijn zegeningen, of plagen, over de mensheid heeft uitgestort: synthetische wasmiddelen, nylon, glasvezelkabels, geneesmiddelen, Zyklon B, loodhoudende benzine, loodvrije benzine, platte beeldschermen, teveel om op te noemen. Hoewel geen van deze voorbeelden volledig op het conto van industriële laboratoria te schrijven is - innovatieprocessen zijn immers oneindig complexer en heterogener dan technische vondsten - valt het niet te ontkennen dat in veel gevallen het werk in industriële laboratoria een belangrijke rol heeft gespeeld. In de loop van de twintigste eeuw hebben zich evenwel grote veranderingen voorgedaan in de werkwijze van deze laboratoria en in de denkbeelden die wetenschappers en ondernemers daarover hadden. Die veranderingen vormen het voornaamste onderwerp van deze rede. De universiteiten kunnen daarbij niet buiten schot blijven. Kennis- en techniekontwikkeling in industriële laboratoria heeft steeds in nauw verband gestaan met wat er aan de universiteiten gebeurde. Bovendien heeft dit thema een grote actualiteit, zoals bijvoorbeeld blijkt uit de oproep van Jo Ritzen, voorzitter van het College van Bestuur van deze universiteit, bij de opening van het academisch jaar, om een inniger band met het bedrijfsleven aan te gaan.⁷

Bij het voorbereiden van deze rede moest ik sterk terugdenken aan een gebeurtenis die zich ruim dertig jaar geleden afspeelde. Als jong studentlid van de subfaculteitsraad scheikunde van de Vrije Universiteit

(VU) hoorde ik toen een van de hoogleraren organische chemie, Wybe Nauta, die langere tijd tevens researchleider van het geneesmiddelenbedrijf Brocades was geweest, het woord nemen. Zijn collega J.G. Keppler van Unilever had telefonisch zijn beklag bij hem gedaan over het gedrag van een groep scheikunde-studenten van de VU tijdens een recente excursie naar het researchlaboratorium van Unilever in Vlaardingen. In plaats van zich te verdiepen in de aard van het onderzoek en te informeren naar hun carrière-mogelijkheden, zoals dat sinds jaar en dag gebruikelijk was, hadden deze studenten nare vragen gesteld over zaken als de maatschappelijke wenselijkheid van de producten van het bedrijf, over de rol van Unilever in de Derde Wereld en over het gebruik van proefdieren in het onderzoek naar cosmetica.³ De betreffende studenten waren niet meer welkom. Kon de subfaculteit geen disciplinaire maatregelen nemen en hoe kon men vergelijkbare toestanden voortaan voorkomen, vroeg Nauta zich af? Er volgde een uitvoerige discussie die niet tot oplossingen leidde. De aanwezige hoogleraren en docenten zaten zeer met de kwestie in hun maag en maakten een wat ontredderde indruk. De VU had zich in hun ogen te schande gemaakt, maar men zag niet goed hoe zulk onheil in de toekomst vermeden kon worden.

Wie ook enigszins ontredderd waren, achteraf gezien, waren de studenten zelf. Op de middelbare school enthousiast geworden voor de wereld van atomen en moleculen, en geïntrigeerd door het vele dat er nog op quantumtheoretisch en biochemisch terrein te weten viel, waren zij, aangemoedigd door hun ouders die meenden dat er in de chemie altijd een goede boterham te verdienen was, scheikunde gaan studeren. Eenmaal aangekomen op de universiteit vingen ze echter vele signalen op die erop wezen dat het in het wetenschappelijk onderzoek niet louter ging om intellectuele nieuwsgierigheid en zuiver wetenschappelijke vraagstukken, maar om een activiteit die achter de schermen in een belangrijke mate door industriële doeleinden en belangen werd gestuurd.⁴

In dit intellectuele klimaat kwam in de jaren zeventig aan de bèta-faculteiten in Nederland het Wetenschap & Samenleving-onderwijs en -onderzoek op. Nadere studie van de rol van industriële research was daarbij stevast één van de ingrediënten. Ook binnen de industriële laboratoria was er inmiddels onvrede ontstaan over de maatschappelijke implicaties van eigen werk. Juist in een tijd waarin, zoals we nog zullen zien, de industriële onderzoekers gedwongen werden zich sterker te richten naar de signalen vanuit de markt, kwam bij henzelf de vraag

op of hun onderzoek zich niet beter op andere prioriteiten kon richten dan op het ontwikkelen van een 'girofoon' of weer een 'nieuwe deodorant'. Bekend is het in 1973 door medewerkers van het Natuurkundig Laboratorium van Philips uitgebrachte rapport over *Wetenschap en Maatschappij* waarin verslagen staan van de vele discussiegroepjes die vanaf 1971 op dat zogeheten 'Nat.Lab.' actief waren geweest.⁵ Bij Shell vonden vergelijkbare discussies plaats.

Voor het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers, een organisatie van maatschappelijk geëngageerde wetenschappers uit de universiteiten en de industrie was dit voldoende reden om in september 1973 eerst een aflevering van het tijdschrift *Wetenschap & Samenleving* te wijden aan 'Industrieel wetenschapsbeleid' en vervolgens in mei 1974 zelfs een tweedaags congres te houden over 'Industriële Research', dat het startpunt werd van een ware hausse van zogeheten 'kritische' studies en publicaties in de jaren daarna.⁶

Het zou te ver voeren op deze plaats hiervan een volledig overzicht te geven. Ik noem enkele namen en onderzoeksrichtingen als korte aanduidingen van een veel breder veld van activiteit.⁷ Philip Vergragt, Sjerp Zeldenrust en Paul de Laat in Groningen, Loet Leydesdorff in Amsterdam en Kees Blase in Utrecht hielden zich bijvoorbeeld bezig met de democratisering van het industriële onderzoek en met de belangenbehartiging van de 'wetenschappelijke werkers'.⁸ Daarnaast analyseerden Vergragt, Pieter Weeder, Do Kester, Gerard de Vries en, later, Karel Mulder in Groningen de wijze waarop in de industrie besluiten over onderzoeks-prioriteiten tot stand kwamen.⁹ Joop Schopman onderzocht vergelijkbare vraagstukken vanuit de RU Utrecht,¹⁰ terwijl Andries Sarlemijn, Peter Kroes en Hans Hutter dit thema in Eindhoven oppakten.¹¹ Arie Rip in Leiden en Nico Wijnbeek in Amsterdam richtten zich, evenals later Loet Leydesdorff en Sjerp Zeldenrust, op wetenschapsdynamische vragen betreffende de invloed van de industrie op de ontwikkeling van onderzoeksgebieden.¹²

Ook het thema van deze rede, de geschiedenis van het industriële onderzoek, kwam op agenda te staan. In 1977 studeerde Erik Bloemen in Leiden af op een scriptie over *Onderzoek en ontwikkeling door het bedrijfsleven in Nederland, 1919-1939*.¹³ Het jaar daarop entameerde Wim Hornix in Nijmegen een groot onderzoeksproject naar de 'industrialisering van de wetenschap' in de tweede helft van de negentiende eeuw onder invloed van de synthetisch kleurstoffenindustrie, dat halverwege 1979 van start ging;¹⁴ en kort daarna startte Harry Lintsen in Eindhoven als uitvloeisel van Techniek & Samenleving-onderwijs historisch onder-

zoek naar technische innovaties in de margarine-, electrotechnische-, automobielen-, eveneens, synthetische kleurstoffenindustrie.¹⁵ In het buitenland vond een vergelijkbare plotselinge bloei plaats van de studie van de relaties tussen wetenschap en industrie.

Terugkijkend op die publicaties uit de jaren zeventig en vroege jaren tachtig constateer ik dat er in de meeste gevallen sprake was van een gepolariseerd wereldbeeld, zowel in politieke als in cognitieve zin. In politieke zin, omdat kritiek op de grote multinationale industrie in veel gevallen de motivatie vormde om zich op dit terrein te gaan begeven. Deze politieke polarisatie verdween in de loop van de jaren tachtig grotendeels. Enerzijds, omdat veel van de betrokken onderzoekers hun eerdere categorische afwijzing van de voortbrengselen van het groot-kapitaal verruilden voor een meer pragmatische houding waarin zij kwesties van geval tot geval wensten te beoordelen. Anderzijds, omdat ook de industrie zelf zich communicatiever en minder polariserend ging opstellen. De kritiek werd niet alleen aangehoord, maar leidde ook daadwerkelijk tot veranderingen. Hierdoor was het mogelijk dat in 1988 door het Koninklijke Instituut van Ingenieurs (KIVI), op initiatief van de uit Wetenschap & Samenleving voortgekomen Eindhovense onderzoeksgroep onder leiding van Lintsen, de Stichting Historie der Techniek kon worden opgericht, de stichting die de leerstoel instelde waarop degene waar u nu naar luistert is benoemd.¹⁶

Wat betreft de polarisatie in cognitieve zin, die vooral draaide om de wijze waarop begrippenparen als wetenschap en techniek en wetenschap en industrie werden gebruikt, is het goed de toen populaire 'Bernalvorken' van de Wageningse Wetenschap & Samenleving-medewerker Chris Boers in herinnering te roepen. Dit waren op vleesvorken gelijkende schema's, geïnspireerd door het werk van de Britse kristallograaf, wetenschapshistoricus en socialist John Desmond Bernal, die erop neer kwamen dat wetenschap en industrie zeer lang gescheiden wegen hadden bewandeld, totdat ze op een zeker moment in de geschiedenis in innig contact met elkaar waren gekomen en sindsdien als één geheel - geïndustrialiseerde wetenschap, annex *science-based-industry* - verder waren gegaan.¹⁷

Deze tamelijk romantische kijk op de geschiedenis van de wetenschap, waarin de idylle van een eeuwenoude, zuivere wetenschap werd gekoesterd, was een denkstijl die reeds lang bestond. Marx' omkering van Hegel indachtig, hebben de critici van de jaren zeventig de daarmee verbonden metaforen 'auf die Füsse gestellt', zonder evenwel het daar-

onder liggende polaire denkpatroon aan te tasten. Ging het oorspronkelijk om het beeld van een huwelijk tussen wetenschap en industrie, of om een Sneeuwwitje-achtige situatie waarin de wetenschap de ingedutte, behoudzuchtige industrie had wakker gekust, nu was er - ook in het buitenland - sprake van een 'zondeval' van de wetenschap die in de greep van het kapitaal, of, nog erger, van het militair-industrieel-complex was geraakt. Titels als Armin Hermanns, *Wie die Wissenschaft ihre Unschuld verlor* en Jonathan Slacks, 'Class struggle among the molecules' mogen hier als korte aanduiding dienen voor toen ruim verbreide gedachten.¹⁸

Over het tijdstip van deze 'zondeval' was minder eenstemmigheid. Sommige leden van de studentenbeweging meenden ongetwijfeld dat dit welhaast apocalyptische gebeuren zich in hun eigen studententijd aan het voltrekken was. Was de universiteit immers niet altijd een duffe, ivoren toren geweest, die pas sinds kort door het grootkapitaal werd belaagd? Anderen meenden dat de oorsprong in de jaren vijftig lag toen - tegen de achtergrond van de Koude Oorlog - de zogeheten Tweede Industriële Revolutie, of Wetenschappelijk-Technische Revolutie momentum kreeg.¹⁹ Weer anderen echter, concludeerden in navolging van Bernal dat de beslissende zondeval van de wetenschap zich veel eerder had voorgedaan, namelijk in het laatste kwart van de negentiende eeuw, toen de kleurstofindustrie en de electrotechnische industrie wetenschap op grote schaal voor hun eigen doeleinden gingen inschakelen.

Tussen beide laatste thesen bestaat - het adagium 'all history is contemporary history' indachtig - een nauw verband. Bernals boek en de eerste grondige historische studies over de ontwikkeling van het industriële researchlaboratorium, geschreven door de Amerikanen Kendall Birr en John Beer verschenen in de jaren vijftig, en werden sterk beïnvloed door de publieke en politieke issues van hun tijd.²⁰ Toen een nieuwe generatie onderzoekers in de jaren zeventig en tachtig opnieuw de geschiedenis van de industriële wetenschap ter hand nam 'importeerde' deze (aanvankelijk) als het ware de denkpatronen die in die studies uit de jaren vijftig waren vervat. Die denkpatronen wortelden op hun beurt weer voor een deel in de retorische repertoires van de naar macht en aanzien strevende professionele wetenschappers uit de tweede helft van de negentiende eeuw. Dat het beeld van de ivoren toren en het idee van een langdurig gescheiden optrekken van wetenschap en industrie zich zo hardnekkig hebben kunnen handhaven komt mijns inziens doordat Bernal, Boers en de auteurs op wie zij zich baseerden de retoriek van de wetenschappers niet kritisch tegen het licht hebben

gehouden. In plaats van de praktijk van de wetenschap te onderzoeken, hebben ze zich op uitspraken over die praktijk gebaseerd, daarbij niet onderkennend dat het geschetste polaire beeld een onderdeel was van de professionaliseringsstrategie van de door hen bestudeerde wetenschapsmensen.²¹

Bij deze typering van enig gedachtengoed uit de jaren zeventig wil ik het laten. Drie zaken heb ik willen benadrukken. In de eerste plaats de explosief groeiende aandacht voor de ontwikkeling van industriële research in de jaren zeventig en tachtig. Ten tweede het sterk politiek geïnspireerde, dualistische gebruik van de begrippen wetenschap en industrie. En tenslotte de these dat deze dualistische omgang met die begrippen stamde uit een geheel andere politieke context, namelijk die van de inschakeling van de wetenschap in de Koude Oorlog, terwijl ze indirect terugging op retorische repertoires over de verhouding tussen wetenschap en industrie die door negentiende-eeuwse wetenschappers waren ontwikkeld.

Denkbeelden over de historische verhouding tussen wetenschap en industrie hebben zich inmiddels radicaal gewijzigd. Het geschetste polaire beeld is feitelijk onjuist gebleken en de herkomst ervan blijkt goeddeels terug te voeren op een naïef gebruik van bronnen. In de ongeveer vierhonderd jaar dat de scheikunde inmiddels als universitaire discipline bestaat is er geen periode aan te wijzen waarin dit vak *niet* in contact stond met de ambachtelijke of industriële praktijk. De veronderstelde vredige idylle van het zuiver-wetenschappelijke, onbekommerde vorsen heeft - sommige individuen daargelaten - voor het vak als geheel nooit bestaan. Voor andere vakken ligt dit ongetwijfeld genuanceerder, maar als kanttekening bij door velen gekoesterde opvattingen over de industrialisering van de wetenschap in de late-negentiende eeuw, of over de universiteit als ivoren toren, is dit voorlopig voldoende. U zult nog verschillende voorbeelden de revue zien passeren die aangeven hoe innig de verhouding tussen universiteit en industrie soms was.

In het vervolg van dit verhaal wil ik voor Nederland in de twintigste eeuw een beeld neerzetten van de mijns inziens meest belangrijke ontwikkelingen in de verhouding tussen wetenschap en industrie. Ik concentreer me op het industriële researchlaboratorium en de daarmee direct verbonden universitaire wetenschap. Drie zaken stel ik daarbij aan de orde:

In de eerste plaats de periodisering: welke fasen zijn er te onderkennen. Wat typeert hen, en waarom traden er, soms radicale, koerswijzigingen op?

In de tweede plaats: welke verbindingslijnen liepen er tussen die industriële researchlaboratoria onderling en tussen hen en de verschillende instellingen voor hoger onderwijs en onderzoek? Er is in de laatste 15 à 20 jaar veel literatuur verschenen over zogeheten Nationale Innovatiesystemen. Daarbij ging veel aandacht uit naar de invloed op innovatieprocessen van nationale instituties als de octrooiwetgeving, het belastingregime en dergelijke, en naar de relaties tussen bedrijven, universiteiten en grote onderzoeksinstituten als TNO, ECN.²² Wat echter niet of nauwelijks de aandacht kreeg zijn de verbindingslijnen tussen de grote bedrijven onderling. Het is mijn stellige overtuiging dat de relatief sterke positie van Nederland op het gebied van wetenschap en techniek in belangrijke mate wordt bepaald door de aanwezigheid van de researchinstellingen van een vijftal grote multinationale bedrijven, de zogeheten 'Grote Vijf' - Philips, Shell, Akzo, Unilever en DSM. Niet alleen omdat ze gedurende decennia op zich reeds zo'n 65 procent van alle particulier gefinancierde research voor hun rekening namen, maar juist door de onderlinge wisselwerking tussen de kenniscentra van die bedrijven.²³ Ik zal verschillende voorbeelden geven hoe deze bedrijven van elkaars aanwezigheid hebben geprofiteerd.

In de derde plaats zal ik het ongrijpbare, soms haast modieuze karakter van de opgetreden koerswijzigingen benadrukken. Het is op dit punt dat er van het 'Speuren op de tast' uit de titel van deze rede sprake is. U dacht ongetwijfeld dat dit over het onderzoeksproces zelf zou gaan. Daar zit zeker als het zich op nieuwe gebieden waagt inderdaad ook een element van 'speuren op de tast' in. Maar daarop ligt mijn focus niet. Een tweede mogelijk is, dat deze oratie zelf een 'speuren op de tast' naar de geschiedenis van de Nederlandse industriële research behelst. Dat is zeker het geval. Er is nog zo weinig diepgaand onderzoek gedaan, er liggen nog zoveel vragen open, dat ik inderdaad het gevoel heb dat ik u over de toppen van enkele ijsbergen ga voeren, waarbij zich het meeste nog onder het wateroppervlak bevindt en ook voor mijzelf verborgen is. Toch was ook dit het niet dat voor ogen had toen ik voor deze titel koos.

Behalve de geschiedenis van het speuren, het onderzoeken zelf, is er nog een andere geschiedenis te vertellen, namelijk die van het denken over hoe je dat speurwerk moet gaan inrichten. Hoe moet je een labora-

torium runnen? In hoeverre mogen onderzoekers zich op fundamentele, wetenschappelijk vragen richten? Mogen zij publiceren, of moeten zij zaken juist geheimhouden? Hoe intensief dient er met de universiteiten te worden samengewerkt? Op deze en andere vragen zijn in de loop van de tijd heel verschillende antwoorden gegeven, zoals ik zal laten zien. Verschillen van inzicht over deze zaken duren voort tot de dag van vandaag. Er gaan miljarden Euro's om in het industriële onderzoek in Nederland, vele beslissingen zijn aan strakke, rationele procedures gebonden, maar fundamentele strategische keuzes bevatten ook een arbitrair element. In die zin speuren en speurden ook grote multinationale bedrijven voor een belangrijk deel op de tast.

Ik heb de ontwikkeling van de industriële research in Nederland in vier fasen verdeeld, die ik hierna zal langslopen. Zij vormen de structuur voor de rest van dit verhaal.

- 1 De eerste fase is de fase van de opkomst van de industriële research in Nederland in de eerste vier decennia van de twintigste eeuw.
- 2 De daarop volgende fase heb ik de fase van de fundamentele research genoemd, omdat ze gekenmerkt wordt door het grote belang dat bedrijven in die tijd hechtten aan het doen van diepgravend wetenschappelijk onderzoek. De fase overlapt deels met de eerste, want in sommige bedrijven startte fundamenteel-gericht onderzoek reeds ruim voor de Tweede Wereldoorlog.
- 3 De derde fase, die gekenmerkt wordt door een groeiende oriëntatie op de markt, begon omstreeks 1965. Terwijl er gedurende de twee eerste perioden sprake was van een gigantische groei van het industriële onderzoek in Nederland, zowel in de breedte, wat betreft het aantal betrokken laboratoria, als wat betreft de omvang van die afzonderlijke labs, trad er aan het eind van de jaren zestig stagnatie in. Veel laboratoria bereikten toen hun grootste omvang ooit. Daarna zijn ze ofwel op hetzelfde peil gebleven, of gekrompen.
- 4 In de jaren tachtig van de twintigste eeuw kwam het industriële onderzoek geleidelijk in een nieuwe, vierde fase terecht. In de situatie van stagnatie veranderde op zich niet veel: kortstondige perioden van groei en krimp wisselden zich in veel gevallen af. Ook de keuze voor een sterke markt oriëntatie bleef. Reden om toch van een nieuwe fase

te spreken vormt het groeiende belang dat aan kennisnetwerken en aan samenwerking met universiteiten werd toegekend. Aanvankelijk ging het daarbij vooral om nationale contacten en netwerken, maar in de loop van de jaren negentig werden mondiale netwerken steeds belangrijker.

De eerste twee fasen behandel ik het uitvoerigst, de laatste twee stip ik slechts aan. Zij moeten nog veel beter worden onderzocht: onderzoek dat ik de komen jaren hoop te gaan doen. Ze zouden een mooi thema kunnen vormen voor een afscheidsrede.

Maar ik loop te ver vooruit op toekomstige zaken. Laten we eerst terug gaan naar het begin van de twintigste eeuw.

De eerste industriële laboratoria

In 1927 promoveerde de Duitser Heinz Woltereck in Leipzig op een proefschrift over de ontwikkeling van de Nederlandse chemische industrie tussen 1914 en 1925. Dat boek bevat, gekleurd door een Duitse bril, een aantal interessante constatering over de verhoudingen tussen wetenschap en industrie. Vergeleken met Duitsland waren deze verbanden er - volgens Woltereck - nauwelijks en zelfs in 1926 bestonden er nog vrijwel geen industriële researchlaboratoria. Wetenschappers keken in Nederland vaak neer op de industrie, zodat de industriële arbeidsmarkt in feite voor tweederangsfiguren was. Sinds de Eerste Wereldoorlog was men, naar Duits voorbeeld, wetenschappelijker gaan werken. Maar deze vernieuwing beperkte zich, zo stelde hij, voorslagnog tot de universiteiten.²⁴

Hoewel niet op alle onderdelen juist, zijn Wolterecks beweringen wat de hoofdlijn betreft zo gek nog niet. Terwijl in de negentiende eeuw Duitse universiteiten honderden chemici afleverden die in de industrie gingen werken, kwam dat toen in Nederland nog vrijwel niet voor. De natuurwetenschappelijke faculteiten aan de universiteiten waren er voor het opleiden van universitaire wetenschappers en leraren. Voor de technische ambtenaren en, in mindere mate, voor de industrie was er een aparte school, die duidelijk een trapje lager gedacht was: de Polytechnische School in Delft, die in 1905 tot Technische Hogeschool verheven zou worden. In de twintigste eeuw zou deze duale opleidingsstructuur veranderen, maar dat gebeurde slechts langzaam.²⁵ Het verschil met Duitsland was opvallend. Dat gold ook voor de industriële laboratoria. Toen Philips en de Bataafsche Petroleum Maatschappij (BPM), de Nederlandse werkmaatschappij van de Koninklijke/ Shell,

omstreeks 1910 de eerste industriële onderzoekslaboratoria oprichtten, bestonden zulke inrichtingen in Duitsland reeds enkele decennia. In dat land was in de jaren zeventig en tachtig van de negentiende eeuw het fenomeen 'industriële researchlaboratorium' voor het eerst ontstaan toen Duitse synthetische kleurstoffabrieken aparte afdelingen gingen oprichten voor het doen van onderzoek.²⁶

Eén mogelijk misverstand wil ik hier bijvoorbeeld wegnemen: dit waren zeker niet de eerste laboratoria in de industrie. In 16de en 17de eeuwse bronnen over de chemische nijverheid is reeds sprake van "laboratoria". Dat waren aanvankelijk chemische "werkplaatsen" waar chemische en farmaceutische producten werden gemaakt, kortom in feite de fabrieken zelf.²⁷ Vanaf het midden van de 18de eeuw dook vervolgens een nieuw type laboratorium op: een van de fabriek afgescheiden ruimte, waarin proeven konden worden gedaan. Deze proeven betroffen aanvankelijk vooral de analytisch-chemische controle van grondstoffen, producten en het fabricageproces. Deze laboratoria, die in de 19de eeuw in geen enkele chemische fabriek van enige omvang ontbraken stonden dus geheel ten dienste van het eigenlijke productieproces. Dat was hun hoofdtaak. Soms echter deden chemisch-geschoolde ondernemers of bedrijfsleiders ook verdergaande proeven in deze laboratoria, bijvoorbeeld gericht op het onderzoeken van knelpunten in de productie, of op het verbeteren van een product, of - in enkele gevallen - op het vinden van nieuwe producten.²⁸

Eerst tegen deze achtergrond kan de oprichting van industriële researchlaboratoria door kleurstofproducenten als BASF, Hoechst, Oehler, Agfa en Bayer in het juiste perspectief worden geplaatst. Het waren niet de eerste industriële laboratoria waar chemisch onderzoek plaatsvond, en evenmin de eerste laboratoria waar industriële uitvindingen en innovaties uit voortkwamen; maar wél de eerste laboratoria die, functionerend naast de bestaande fabriekslaboratoria, wetenschappelijk onderzoek en het vinden van nieuwe producten tot *hoofdtaak* hadden. Waarom deze laboratoria op dat moment binnen de Duitse kleurstofindustrie ontstonden heeft te maken met een aantal zeer specifieke omstandigheden, waarbij felle oligopolistische concurrentieverhoudingen, octrooiwetgeving, en recente ontwikkelingen in de organische chemie een rol speelden. Toen de voordelen die deze nieuwe organisatievorm de pionierende bedrijven BASF en Hoechst opleverde omstreeks 1880 steeds duidelijker aan het licht trad, konden de overige Duitse kleurstofbedrijven, onder het regime van de in 1877 totstandgekomen *Reichspatentgesetz*, niet achterblijven. Tussen 1882 en 1886 volgden alle

grote Duitse kleurstofproducenten het voorbeeld van de twee pioniers.²⁹

In prachtige studies hebben Georg Meyer-Thurow en Carsten Reinhardt het ontstaan en de verdere groei van deze kleurstofresearchlaboratoria laten zien. Bij BASF en Bayer ontstond de nieuwe organisatievorm min of meer van onderop, rond bedrijfschemici als Heinrich Caro en Carl Duisberg, terwijl bij Hoechst en Agfa het topmanagement het initiatief nam, onder meer door privaat-docenten en hoogleraren van de universiteiten te recrutereren en die aan het hoofd van de nieuwe laboratoria te zetten. In de loop van de jaren tachtig en negentig groeiden deze laboratoria tot betrekkelijk grote organisaties uit met verschillende ondersteunende diensten, zoals een octrooibureau, een bibliotheek, een analytisch controlelaboratorium, een proefververij, een semi-technische afdeling en een opleidingslaboratorium. Deze laatste voorziening wijst erop dat het researchlaboratorium op den duur ook een socialisatiefunctie kreeg. Voordat ze in de fabriek werden 'losgelaten', brachten chemici eerst enkele maanden in het laboratorium door om daar kennis te maken met de bedrijfscultuur en met de belangrijkste producten en technieken. In 1900 werkten er 134 chemici bij Bayer: ongeveer 110 in de fabrieken en fabriekslaboratoria en ruim 20 in het centrale researchlaboratorium. Daar de staf van zo'n laboratorium doorgaans voor ongeveer 20 procent uit academici bestond mogen we aannemen dat er toen ongeveer 100 personen bij Bayer in de research werkzaam waren. Deze lieden synthetiseerden en onderzochten ongeveer 2500 nieuwe kleurstoffen per jaar, waarvan er zo'n 30 de markt haalden. Daarnaast was de ontwikkeling van synthetische geneesmiddelen inmiddels opgepakt. De BASF-fabrieken in Ludwigshafen beschikten tezelfdertijd over maar liefst achttien laboratoria: veertien fabriekslaboratoria en vier researchlaboratoria. Naast het in de jaren zeventig opgerichte *Hauptlaboratorium* had men toen ook binnen drie productieafdelingen aparte researchlaboratoria opgericht.³⁰

Deze ontwikkelingen in Duitsland bleven in het buitenland niet onopgemerkt. Op kleinere schaal richtten ook Franse, Zwitserse en Britse kleurstoffabrieken researchlaboratoria op en omstreeks 1900 ontstonden ook de eerste onderzoekslaboratoria in de Duitse en Amerikaanse electrotechnische industrie. Vooral de naar Duits voorbeeld vormgegeven laboratoria van de Amerikaanse bedrijven General Electric en AT&T, wier chemici en fysici vaak in Duitsland hadden gestudeerd, kregen weldra een grote omvang en reputatie. Redenen om zulke laboratoria op te richten waren, naast reeds genoemde zaken als de felheid van de concurrentieverhoudingen en de grote rol van octrooien, dit-

maal vooral nieuwe technische ontwikkelingen die steunden op fysisch-chemische en fysische expertise die deze bedrijven niet in huis hadden en die hun kerntechnologieën dreigden te ondermijnen.³⁷ Door onderzoekslaboratoria op te richten en die te bemannen met experts op die nieuwe gebieden moest getracht worden het gevaar te keren. Ook bedrijven als Du Pont, Kodak en Standard Oil gingen aan het begin van de twintigste eeuw over tot de oprichting van aparte researchlaboratoria.³⁸

Omstreeks dezelfde tijd werden door de BPM en Philips ook in Nederland de eerste industriële onderzoekslaboratoria opgericht. In de literatuur over dit onderwerp wordt de primeur vaak gegund aan het in 1884 opgerichte microbiologische laboratorium van de Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek in Delft, waar de later beroemd geworden microbioloog M.W. Beijerinck gedurende ruim 10 jaar werkzaam was. Men moet deze pioniersrol echter niet overdrijven. Ook bij andere Nederlandse bedrijven waren in de 19de eeuw academici werkzaam die proeven deden die boven het routinematige uitstaken. In die zin was de situatie bij de Delftse gistfabriek helemaal niet zo bijzonder. Het is, vermoed ik, vooral Beijerincks grote reputatie geweest die de indruk heeft doen postvatten dat er bij de Gist- en Spiritusfabriek iets heel bijzonders aan de hand was. Toen Beijerinck vertrok werd hij weliswaar weer door een academicus opgevolgd, maar tot in de jaren twintig stelde zowel de omvang van het laboratorium als de aard van de daar verrichte research niet zoveel voor. Meestal sloten de thema's die werden bewerkt zeer nauw aan bij productieproblemen, zodat we eerder van 'trouble shooting' kunnen spreken, zoals dat in vrijwel alle fabriekslaboratoria voorkwam. In 1925 werkten er in het laboratorium van het Delftse bedrijf één academicus en 30 technici, laboranten en spoeljongens. Kort daarna werd het laboratorium aanzienlijk uitgebreid en werd er onder leiding van François Waller jr., de zoon van de directeur, een krachtig diversificatieprogramma ingezet. Pas omstreeks 1929 was er bij Gist sprake van een echte researchorganisatie (vgl. tabel 1).³⁹

In het geval van de BPM en Philips kwamen voor de Eerste Wereldoorlog wél bestendige researchlaboratoria tot stand. Beide initiatieven vormen een aardig contrast. In het geval van de BPM voltrok zich de oprichting van het researchlaboratorium min of meer bij toeval en 'van onderop'. Concurrentie door Standard Oil vormde de prikkel om de technoloog Willem Knoops, een assistent van de Delftse hoogleraar Bas Hoogewerff, in te huren om op de TH Delft experimenten te doen om de

productkwaliteit van één van de belangrijkste producten van de Koninklijke/ Shell, Borneo olie, te verbeteren. Toen Knoops belangrijke resultaten behaalde en de leiding van het oliebedrijf hem in dienst wilde nemen, eiste en kreeg hij in 1906 een privé-laboratorium in Schiedam. Tussen 1906 en 1909 verbeterde hij daar, bijgestaan door een groeiende groep assistenten, het door hem bedachte proces. De cruciale beslissing viel in 1909 toen Knoops naar Duitsland vertrok om leiding te geven aan de bouw van de fabriek waar zijn proces in praktijk zou worden gebracht. Op grond van de gunstige opgedane ervaringen besloot de leiding van de BPM toen niet om het laboratorium te sluiten, wat meer voor de hand had gelegen, maar om het te verplaatsen naar de benzineraffinaderij in Rotterdam en het daar voort te zetten onder een nieuwe leiding. In 1914 verplaatste men het laboratorium voor een tweede maal, nu naar Amsterdam-Noord, waar het zich tot op de dag van vandaag bevindt. Nergens in het Shell-archief heb ik aanwijzingen gevonden dat buitenlandse voorbeelden eventueel als inspiratiebron of 'model' hebben gediend voor de oprichting en verdere ontplooiing van de researchorganisatie. Tot 1927 lijkt de groei van de research bij de BPM zich betrekkelijk geleidelijk en van binnenuit voltrokken te hebben. Als je al een oprichtingsjaar zou willen hangen aan dit geleidelijke proces, zou mijn voorstel 1909 zijn, het jaar waarop de directie besloot het laboratorium van Knoops te continueren.³⁴

Bij Philips was de oprichting van onderzoekslaboratoria veel meer een proces dat door technisch-directeur Gerard Philips 'van bovenaf' werd geïnitieerd. De reden om die stap te zetten kwam overeen met de overweging die bij General Electric de doorslaggevende rol had gespeeld: de kerntechnologie van het bedrijf, de productie van gloeilampen met koolstoffilament, werd bedreigd door de Duitse uitvinding van de metaaldraadlamp, waarbij de gloeidraad van metalen als wolfram en osmium werd gemaakt. Philips had van zulke metalen en hun verwerking geen verstand en moest daarom expertise van buiten inhuren. In 1908 werd de eerste chemisch-technoloog aangesteld en omstreeks 1910, toen de staf inmiddels was uitgebreid, was er sprake van een apart Chemisch Laboratorium. Hier werd door de fysisch-chemicus Lodewijk Hamburger betrekkelijk fundamenteel onderzoek verricht naar de processen die zich afspelen in de gloeilamp. In 1914 zette het bedrijf een volgende stap door naast het Chemisch Laboratorium ook een Natuurkundig Laboratorium op te richten onder leiding van de natuurkundige Gilles Holst, die in Leiden was gepromoveerd. Deze ontpopte zich in de jaren daarop tot een inspirerende organisator die het Nat. Lab. wist uit te

bouwen tot het meest vooraanstaande Nederlandse industriële laboratorium uit de eerste helft van de twintigste eeuw. Recent hebben Marc de Vries en Kees Boersma twee boeken gepubliceerd, waarin fraai is beschreven hoe Holst door het organiseren van colloquia waar topwetenschappers optraden en door een zeer liberaal publicatiebeleid de academische atmosfeer wist te creëren die het hem mogelijk maakte eersterangs chemici en fysici over te halen bij het Nat.Lab. te komen werken. Het succesvolle laboratorium van de directe concurrent General Electric werd daarbij niet als een 'model' nagevolgd, maar vormde wel een inspiratiebron. Tegelijkertijd lukte het Holst, meegroeïend met het bedrijf, om uitstekende contacten met de directie en met de productiebedrijven te onderhouden.³⁵

Ik heb wat langer stilgestaan bij de oprichting van de laboratoria van de BPM (lees Shell) en Philips, omdat deze in het vervolg van het verhaal een grote rol zullen spelen. Daarnaast laat het contrast tussen beide fraai zien dat heel verschillende overwegingen invloed hadden op die oprichting, terwijl er soms wèl en soms niet naar buitenlandse voorbeelden werd gekeken. Na 1910 volgden andere bedrijven snel. Dit kwam niet doordat de laboratoria van Philips en de BPM zelf reeds tot inspirerende voorbeelden waren uitgegroeïd, maar door een pistoolschot in het verre Sarajewo. De Eerste Wereldoorlog brak uit en zette de verhoudingen binnen het Nederlandse bedrijfsleven geheel op zijn kop. Bedrijven werden afgesneden van hun grondstoffen, of van hun markten. Verschillende ondernemingen, die tot dan toe hun incidentele onderzoeksvragen hadden uitbesteed aan één van de ruim twintig kleine particuliere laboratoria die tussen 1880 en 1910 speciaal voor dat doel in Nederland waren ontstaan, besloten zich op nieuwe terreinen te wagen en richtten eigen onderzoekslaboratoria op om die stap voor te bereiden.³⁶ Voorbeelden zijn de Chemische Fabriek 'Naarden', de Fabriek van Chemische Producten 'Vondelingenplaat', Stikstofbindingsindustrie 'Nederland' uit Dordrecht, mede opgericht door de van Philips afkomstige chemicus Hamburger, de kabelfabriek DRAKA en de Amsterdamsche Superfosfaatfabriek (ASF).³⁷ Ook kwam het voor dat internationaal opererende bedrijven, zoals het in de margarine-industrie werkzame Jurgens-concern en de Industriële Maatschappij Noury & Van der Lande, die meel- en olie-fabrieken bezat, aanleiding zagen om hun technici deels uit Duitsland naar Nederland over te plaatsen en daar laboratoria op te richten die zich bezig hielden met de nieuwe technologie van de vetharding en met andere technieken tot productverbetering. Vlak na

de oorlog volgde nog de oprichting van laboratoria door Jurgens' concurrent en jarenlange aartsvijand Van den Bergh en door het Arhemse kunstzijdebedrijf Enka, terwijl Staatsmijnen bij haar cokesfabriek een bescheiden fabriekslaboratorium inrichtte, dat evenwel voorlopig geen duidelijke researchtaken had.³⁸

De schets van deze oprichtingshaussie (tabel 1) en het succesverhaal over Holst zouden de indruk kunnen wekken dat de oprichting van een researchorganisatie een fluitje van een cent was.³⁹ Dat zou een ernstige misvatting zijn. In het geval bijvoorbeeld van het Jurgens-concern - één van de voorlopers van Unilever - was het een moeizaam proces. Jurgens richtte in 1916 een onderzoekslaboratorium in bij zijn oliefabriek in Zwijndrecht. Hij wist de Delftse hoogleraar organische chemie Jacob Böeseken als adviseur aan zijn bedrijf te verbinden en nam verschillende technologen en chemici in dienst. Een duidelijke managementstructuur voor de aansturing van de research ontbrak echter. De betreffende chemici, die toch ook onderzoek deden dat voor andere fabrieken van Jurgens van belang was, vielen hiërarchisch onder de locatiedirecteur van de fabriek in Zwijndrecht. Ook toen twee jaar later de Delftse hoogleraar chemische technologie Alphons Steger bij Jurgens tot Wetenschappelijk Adviseur van de directie werd benoemd, veranderde deze situatie niet. Het dossier-Steger in het Unilever-archief in Rotterdam roept het beeld op van één grote lijdensweg. Steger probeerde gedurende enkele jaren de vethardingsresearch in Zwijndrecht aan te sturen, maar kreeg geen poot aan de grond bij de lokale bedrijfsleiding. Toen Anton Jurgens na herhaald verzoek de bevoegdheden van Steger niet verruimde, verloor deze zijn interesse en stortte zich in de politiek. In 1925 verliet hij het Jurgens-concern definitief. Het duurde tot halverwege de jaren dertig eer het onderzoekslaboratorium in Zwijndrecht zich werkelijk begon te manifesteren.⁴⁰

Ook in andere gevallen ging het mis. Verschillende onderzoekslaboratoria, zoals dat van de Amsterdamsche Superfosfaatfabriek en 'Vondelingenplaat', werden na de oorlog sterk ingekrompen of zelfs gesloten, omdat de omstandigheden die tijdens de oorlog de oprichting hadden bevorderd waren veranderd. We moeten ons dan ook geen overdreven voorstellingen maken van het Nederlandse industriële researchlandschap aan het begin van de jaren twintig. Op het BPM-laboratorium in Amsterdam werkten toen zo'n 40 mensen, op het Nat.Lab. van Philips slechts ongeveer de helft. Alle andere onderzoekslaboratoria waren vermoedelijk nog kleiner. Vergelijken we dit met de situatie van de Duitse

Tabel 1: De eerste Nederlandse industriële researchlaboratoria (de jaartallen tussen haakjes verwijzen naar aanzienlijke uitbreidingen van het laboratorium - vóór 1940):

Oprichting	(Technologische) uitdaging	Laboratorium	Academische adviseur(s)
1909 (1927)	kwaliteit Borneo olie/ concurrentie	Lab BPM, Rotterdam, 1914 Amsterdam (later: KSLA)	Waterman (THD); Scheffer (THD); Wibaut (GU)
1910	metaaldraadlamp (nieuwe technologie)	Chemisch Laboratorium Philips	Reinders? (THD)
1914 (1923)	halfwattlamp met inert gas	Natuurkundig Laboratorium Philips	Ehrenfest (RUL); Ornstein (RUU)
1914	productdifferentiatie o.i.v. WO I	Chemische Fabriek 'Naarden'	Hondius Boldingh (GU); Holleman (GU)
1915 (1926)	meelbleking; productdifferentiatie	Noury & Van der Lande	Böeseke (THD); Reinders (THD)
1916	productdifferentiatie o.i.v. WO I	'Vondelingenplaat'	Hoogewerff (THD); Böeseke (THD)
1916 (ca. 1937)	vetharding	Jurgens, Zwijndrecht	Böeseke (THD); Steger (THD)
1918	schaarste/ nieuwe technologie (stikstof)	Stikstofbindings- industrie 'Nederland'	Reinders (THD)
1918	schaarste/ product- differentiatie (stikstof)	ASF (later Albatros)	Kruyt (RUU); Ketelaar (GU)
1921 (1925)	nieuwe technologie (viscose-rayon)	Enka	Holleman (GU)
1921 (1928?)	vetharding?	Van den Bergh	Waterman (THD)?
1923/ 1928	nieuw product	Organon (Lab Laqueur in GU)	Laqueur (GU)
1924 (1939)	nieuwe technologie (celluloselakken)	Sikkens	??
1925	nieuwe technologie/ concurrentie?	HKI	Kruyt (RUU)
1926	octrooistrijd	Van der Grinten (Lab in THD)	Böeseke (THD); Verkade (THD)
1928 (1939)	expansie + opleiding personeel + milieu	Staatsmijnen	Michels (GU); Waterman (THD)
1929 (voor- loper: 1884)	productdifferentiatie (1884: opkomst microbiologie)	Gist- en Spiritus- Fabriek, Delft	Beijerinck (THD); Kluyver (THD)

kleurstofindustrie dan kunnen we Heinz Woltereck alleen maar gelijk geven.⁴¹

Toen zijn proefschrift in 1927 werd gepubliceerd, was de situatie echter drastisch aan het veranderen. Internationaal opererende bedrijven als Shell, Philips en Enka hadden direct te maken met concurrenten die soms over grote researchorganisaties beschikten. Alle drie besloten ze in de loop van de jaren twintig de schaal van hun researchactiviteit aanzienlijk op te voeren. Philips beet het spits af. In 1923 verhuisde de Nat.Lab.-organisatie naar een groot nieuw laboratoriumcomplex met bijbehorende proeffabrieken, terwijl tegelijkertijd grote aantallen wetenschappers en assistenten werden gerecruteerd.⁴² Twee jaar later volgde de Enka. Het bedrijf bouwde een nieuw centraal researchlaboratorium met proeffabrieken in Arnhem, terwijl tevens het laboratorium bij de fabriek in Ede aanmerkelijk werd vergroot. In 1926 bouwde ook Noury & Van der Lande een nieuw researchlaboratorium in Deventer, voorzien van een uitgebreide staf.⁴³ Weer een jaar later besloot de Koninklijke/Shell op grote schaal in de chemie te gaan. Het BPM-laboratorium in Amsterdam werd zeer fors uitgebreid en een grote chemische afdeling onder leiding van de voormalige laboratoriumchef van 'Vondelingenplaat', Van Peski, opgericht. Tegelijkertijd richtte het concern in Emeryville in Californië een tweede researchlaboratorium op.⁴⁴

Aangezien ook andere bedrijven hun researchorganisatie aan het eind van de jaren twintig fors vergrootten leek de situatie in 1930 nauwelijks meer op die van tien jaar daarvoor. Op het BPM-laboratorium in Amsterdam werkten toen inmiddels ruim 500 personen, op het Philips Nat.Lab. bijna 400 en op het centrale AKU-laboratorium in Arnhem ongeveer 60, maar dat bedrijf had daarnaast ook researchlaboratoria in Duitsland en Amerika en een klein onderzoekslaboratorium in Breda.⁴⁵ In de jaren dertig zette de groei door. In 1940 was het BPM-laboratorium in Amsterdam inmiddels een gigantische 'onderzoeksfabriek' waar 1350 mensen werkten. Het Philips Nat.Lab. telde ruim 500 medewerkers. Samen namen deze twee laboratoria, die zich als enige met grote buitenlandse laboratoria konden meten, toen ongeveer vijftig procent van alle Nederlandse industriële R&D-uitgaven voor hun rekening.⁴⁶ Hierna volgden de laboratoria van AKU met 150, dat van Gist met 90, het nog in opbouw zijnde Centrale Laboratorium van Staatsmijnen met 80 en het laboratorium van Unilever in Zwijndrecht met ruim 30 medewerkers (zie tabel 2).⁴⁷ Al deze bedrijven hadden daarnaast uiteraard ook fabriekslaboratoria, die soms niet veel kleiner waren. Bij Staatsmijnen bijvoorbeeld

beeld, werkten er begin 1938 bijna 60 personen in het laboratorium bij de Cokesfabriek Emma en bijna 50 in het laboratorium van het Stikstofbindingsbedrijf, terwijl er daarnaast ook een Centraal Proefstation was voor het ondergrondse bedrijf.⁴⁸

Tabel 2: De personeelsbezetting van de grootste Nederlandse industriële research-laboratoria in 1940.

Laboratorium	Aantal medewerkers
BPM-laboratorium Amsterdam	1350
Natuurkundig Laboratorium Philips	516
Onderzoekingsinstituut 'Research' AKU	150
Laboratorium Gist- en Spiritusfabriek	90
Centraal Laboratorium Staatsmijnen	80
Vereenigde Oliefabrieken Zwijndrecht (Unilever)	30 (1937)

Daarnaast vond er ook groei in de breedte plaats. In een studie van de Amerikaanse industriële research in het interbellum constateerden David Mowery en Nathan Rosenberg dat research welhaast een modeverschijnsel werd. Tussen 1919 en 1936 richtten meer dan 1000 bedrijven in de Verenigde Staten researchlaboratoria op. Geen zichzelf respecterend bedrijf kon achterblijven.⁴⁹ Ook de ontwikkeling in Nederland begon in de jaren dertig trekken te vertonen van deze enigszins modieuze ontwikkeling. Een van de meest sprekende voorbeelden is de oprichting van het centrale researchlaboratorium van Staatsmijnen, waartoe eind 1937 of begin 1938 werd besloten op initiatief van Frederik van Iterson, de technisch-directeur van het bedrijf. In het archief van DSM, hier in Maastricht in het Rijksarchief gedeponeerd, bevindt zich een dossier met persoonlijke aantekeningen van Van Iterson uit de zomer van 1936 toen hij zich in deze materie ging verdiepen. Het meest opvallende aan die aantekeningen is dat er helemaal geen dwingende redenen in staan waarom Staatsmijnen de research zou moeten intensiveren. Het zijn steeds opmerkingen in de trant van: ik was onlangs bij de Gasstichting, hoorde daar een lezing over het belang van research en 'ben getroffen door de krachtige en juiste argumenten.' Of, na het boek *Glances at Industrial Research* gelezen te hebben, de notitie: 'De research-laboratoria in Amerika schynen aldaar de industrie in den laatste tyd snel vooruit te brengen.' Ook de wonderbaarlijke technische ontwik-

keling van Rusland was, zo meende hij, 'voor een groot deel te danken aan de voortreffelijke organisatie van het "researchwerk". Na een bezoek aan bedrijven in Canada en de Verenigde Staten, aan het Philips Nat. Lab. en mogelijk ook aan andere Nederlandse laboratoria te hebben gebracht, hakte Van Iterson de knoop door: 'The cost of not doing it' zou groter blijken te zijn, dan de investering in een grote researchorganisatie - Staatsmijnen moest ook zoiets fraais hebben.⁵⁰

Bij de chemische fabriek van het Groningse Scholten-concern, groot op het gebied van aardappelmeel en strokarton, speelden vergelijkbaar vage overwegingen een rol. De daar werkzame technisch-directeur F.A. Möller had daarvoor als colorist bij de grote katoendrukkerij van Fentener van Vlissingen in Helmond gewerkt en was daar via verhalen van handelsreizigers en de literatuur op zijn gebied onder de indruk geraakt van de prestaties van de kleurstoflaboratoria van IG Farben. Hoewel hier, zou ik willen zeggen, in feite een mug met een olifant werd vergeleken, vormde het succes van de Duitse industrie voor Möller een belangrijke prikkel zelf in 1938 ook zo'n laboratorium op te richten.⁵¹ Ongetwijfeld waren er meer bedrijven in die tijd die op vergelijkbare wijze als het ware 'op de tast' tot het besluit kwamen een laboratorium op te richten. Waar de grotere bedrijven in de jaren twintig waren vorgegaan, zetten nu ook verschillende middelgrote bedrijven die stap. Naast Scholten ging het daarbij bijvoorbeeld om de verffabrieken Sikkens (1924, sterk vergroot in 1939) en Pieter Schoen (1931, sterk vergroot in 1942) en in de farmaceutische hoek om Philips-dochter Duphar (1937), de Amsterdamsche Chinine Fabriek (1939) en Organon (1938).⁵²

Na dit overzicht van de opkomst van industriële research in Nederland is het tijd voor een pas op de plaats. Ik heb drie aandachtspunten geformuleerd:

- betreffende de periodisering
- betreffende de contacten tussen laboratoria onderling en tussen de industrie en het hoger onderwijs, en
- betreffende het al dan niet 'tastende' karakter van beleidsbeslissingen.

Het eerste en het derde punt laten zich gemakkelijk samenvatten. Industriële research kwam in Nederland in een betrekkelijk korte periode van dertig jaar (ca. 1909-1939) van de grond en de overwegingen die daarbij een rol speelden waren, zoals de voorbeelden uit de Eerste Wereldoorlog en die van de BPM en Philips, laten zien, sterk ingegeven

door de economische situatie van het bedrijf, zoals optredende concurrentie en het niet voorhanden zijn van bepaalde technische kennis. In andere gevallen echter speelde ook een *me too*-element een rol: andere bedrijven doen het, dus het moet wel goed zijn.

Het Nederlandse R&D-netwerk (I)

Bij het opzetten van hun researchorganisatie leerden bedrijven van elkaar. De BPM huurde, zoals vermeld, de voormalige onderzoeksleider van 'Vondelingenplaat' in om haar chemische research op poten te zetten. Een nog sprekender voorbeeld vormt de Enka, die in 1925 twee ervaren laboratoriumchefs van andere Nederlandse bedrijven aantrok om een krachtige start te maken bij de opzet van een nieuwe researchorganisatie. Eén van hen, James Polak, kwam van Philips, waar hij de leider van het Chemische Laboratorium was. Aangesteld als 'chef chemicus' in Arnhem rustte op hem de taak de coördinatie tussen de research en de fabrieken te bewerkstelligen. Na de fusie, in 1929, van de Enka met het Duitse Glanzstoff-concern en de Hollandsche Kunstzijde-Industrie (HKI) uit Breda, tot de Algemeene Kunstzijde Unie (AKU), klom Polak op tot de positie van hoogste baas van de gemeenschappelijke research. In 1933 werd hiertoe een aparte naamloze vennootschap opgericht, met de omineuze naam N.V. Onderzoekingsinstituut 'Research', dat het centrale laboratorium van de AKU in Arnhem onder haar beheer kreeg, met Polak als directeur. In maart 1940 vertrok hij juist op tijd naar Amerika, om daar de researchleiding van American Enka op zich te nemen.⁵³

De andere laboratoriumleider die men aan zich wist te binden was Jan Uytendboogaart, de chef van het chemische laboratorium van de Cokesfabriek van Staatsmijnen. Hij kreeg het laboratorium in Ede onder zijn beheer. Binnen de AKU ontwikkelde hij zich tot een allround-kenner van de kunstzijde-industrie en vervulde hij verschillende leidinggevende technische functies in Amerika en Europa, waaronder die van directeur van het *Forschungs-Institut* van Glanzstoff bij Berlijn. In 1937, toen de Koninklijke/ Shell steeds meer aandacht kreeg voor synthetische vezels en kunststoffen, stapte hij over naar de BPM en klom daar uiteindelijk op tot hoogste baas van alle chemische activiteiten van dat bedrijf.⁵⁴

De voorbeelden van Polak en Uytendboogaart illustreren fraai hoe ervaringen opgedaan in het ene bedrijf overgeplant werden in een nieuwe situatie, om daar verder te worden ontwikkeld.⁵⁵ In het vervolg van mijn verhaal zal ik u hiervan enkele nog sterkere voorbeelden geven.

De rol van de universiteiten

De universiteiten kwamen tot nu toe slechts zijdelings ter sprake, toch was hun rol verre van marginaal. Voor de industrie was het contact met hoogleraren van groot belang. Bovenal vanwege de recrutering van nieuwe researchmedewerkers, maar daarnaast ook om in algemene zin op de hoogte blijven van wat zich op wetenschappelijk gebied afspeelde en soms ook om heel gericht bepaalde expertise in te huren die men zelf niet bezat. Vrijwel steeds waren daarom hoogleraren als adviseur of commissaris aan de tot nu toe besproken bedrijven verbonden. Als variant op 'cherchez la femme' is 'cherchez le professeur' een onderzoeksstrategie waarbij succes is gegarandeerd. Hoe dieper men in de archieven duikt, vroeg of laat komt men ze altijd tegen. Het omgekeerde is echter niet het geval: wie de levenslopen van natuurwetenschappelijke hoogleraren onderzoekt zal lang niet altijd bij bedrijven uitkomen. Er is hier sprake van een duidelijk asymmetrie. Bedrijven onderhielden bijna altijd contacten met hoogleraren, maar men komt daarbij in de jaren vóór de Tweede Wereldoorlog vaak dezelfde namen tegen: Delftse hoogleraren als Steger, Waterman, Reinders, Scheffer en Kluyver; Utrechtse hoogleraren als Ornstein, Kruyt, Kögl en Koningsberger; Amsterdamse professoren als Holleman, Wibaut, Hondius Boldingh, Laqueur en Michels; en De Jongh en Ehrenfest uit Leiden (vgl. tabel 1). Hoewel de groep hoogleraren die contacten met de industrie onderhield bepaald niet klein is, kan het feit dat grote groepen ook géén contacten onderhielden wellicht verklaren waarom in sommige kringen het beeld van de ivoren toren zich zo hardnekkig kon handhaven.⁶

Dat de contacten tussen industrie en universiteit soms zeer intensief konden zijn illustreert het voorbeeld van de opvolger van Steger in Delft, Hein Waterman. Deze was vanaf 1927 adviseur van de BPM, wat ondermeer inhield dat er op kosten van de BPM enkele assistenten op zijn lab werden aangesteld die onderzoek deden op terreinen die voor de BPM relevant waren. Over dat onderzoek, maar ook over andere kwesties die hij van belang achtte, rapporteerde hij regelmatig aan het researchlaboratorium in Amsterdam en aan de technische afdelingen in Den Haag. Volgens mensen die hem hebben gekend, was Waterman een uiterst energiek man en wie de omvangrijke 'Waterman-dossiers' in het Shell-archief in Den Haag bestudeert kan tot geen andere conclusie komen. Jarenlang schreef hij vele tientallen rapporten per jaar, soms zelfs twee in één week. Dit alles naast zijn vele verplichtingen als hoogleraar, naast enkele andere adviseurschappen en naast een meer dan gemiddelde publicitaire activiteit. Toen hij in 1959 afscheid nam als hoogleraar ston-

den er 16 boeken en bijna 600 publicaties op zijn naam. Nadat het Britse ICI hem een aanbod had gedaan om door hem gedane vindingen tegen betaling over te nemen, haalde hij in 1934, met het oog op het nationaal belang, zo schreef hij het College van Curatoren, de banden met de BPM nog strakker aan door een contract te ondertekenen waarin hij toezegde al zijn ontdekkingen, 'ook wanneer deze gebieden betreffen, die buiten de eigenlijke petroleumindustrie liggen' over te dragen aan dat bedrijf. 'Door jarenlange ervaring is mij gebleken, dat er hier te lande, behalve de B.P.M. geen maatschappij is, die over voldoende hulpmiddelen van technische en wetenschappelijke aard beschikt, om in staat te zijn naar behoren het verwerken van algemeene vindingen tot industriële processen geheel te kunnen doorzetten.' De minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, aan wie Curatoren de kwestie hadden voorlegd, stemde in met het contract, onder de toevoeging dat bij het doen van vondsten geen gebruikt zou mogen gemaakt van 'Rijksinrichtingen en hulpmiddelen' op een wijze die 'ten aanzien van de schatkist niet te verantwoorden zou zijn.'⁵⁷

Voor de BPM vormden de door hen betaalde Delftse assistenten slechts een kleine aanvulling op hun grote researchcapaciteit in Amsterdam. Voor enkele middelgrote ondernemingen, zoals het Venlose bedrijf Océ-van der Grinten lag dit anders. Dat bedrijf had onderzoekers op het laboratorium van de organisch-chemicus Böeseken in Delft ondergebracht en die vormden min of meer de kern van de research-activiteit van het bedrijf. Bij Böeseken, die grossierde in adviseurschappen, waren ook onderzoekers van Noury & Van der Lande en enkele andere bedrijven gedetacheerd.⁵⁸

Een nog extremere vorm van samenwerking tussen universiteit en industrie kwam voor bij de farmaceutische bedrijven Organon en Brocades. In die twee gevallen bevond het research-laboratorium zich in feite op de universiteit. Tussen 1923, toen het bedrijf werd opgericht, en 1938 toen er een onderzoeksgroep in Oss werd gevormd, werd het leeuwendeel van de research van Organon verricht op de laboratoria van Ernst Laqueur in Amsterdam en Samuel de Jongh in Leiden.⁵⁹ Een vergelijkbare situatie bestond bij Brocades, waar zelfs tot 1959 de meeste researchgroepen zich in universitaire laboratoria bevonden: eerst bij Koningsberger en Bijlsma in Utrecht en later bij Nauta en Duyvené de Wit aan de Vrije Universiteit. De researchleider van Brocades, Nauta, had zijn hoofdzetel tot 1959 niet bij het bedrijf, maar aan de VU.⁶⁰

Met deze voorbeelden van verschillende samenwerkingsvarianten moge hier worden volstaan. De spreekwoordelijke 'ivoren toren' is ver te

zoeken. Belangrijk is het te constateren dat er in de periode die we hier bespeken vooral een kennisstroom liep van de universiteiten naar de industrie. De aan de universiteiten zeer sterk vertegenwoordigde fasenleer bijvoorbeeld, een onderdeel van de fysische chemie, kwam via leerlingen van de hoogleraren Schreinemakers in Leiden en Scheffer in Delft ook bij bedrijven als de BPM en Staatsmijnen terecht en droeg daar bij aan de opbouw van enkele zeer sterke posities op sommige technische terreinen. Bij de BPM ging het daarbij om scheidingstechnologie en bij Staatsmijnen om de productie van kunstmest. Tijdens de Tweede Wereldoorlog deed Scheffers'leerling Jean Plusjé bij Staatsmijnen fundamenteel fasentheoretisch onderzoek op het gebied van de productie van mengmeststoffen. Dat leverde Staatsmijnen een succesvol industrieel proces op en Plusjé zijn proefschrift, waarop hij in 1946 bij Scheffer promoveerde. Plusjé wijdde ook zijn van de HTS afkomstige assistent Piet Kaasenbrood in de geheimen van de fasenleer in. Eind jaren vijftig lukte het Kaasenbrood op basis van diepgaand fasentheoretisch onderzoek een geheel nieuw procédé voor de productie van ureum te vinden dat tot de meest succesvolle processen van Staatsmijnen (later DSM) behoort. Meer dan 100 licenties op dit proces werden over de gehele wereld verkocht.⁶¹

Hoge verwachtingen van fundamentele research

Na de Tweede Wereldoorlog liep de kennisstroom steeds vaker de andere kant op: van de industrie naar de universiteit. Toen industriële laboratoria meer onderzoek gingen doen, betraden ze steeds vaker terreinen waarover aan de universiteiten nauwelijks kennis bestond. Dit gebeurde vooral op voor de industrie relevante interdisciplinaire gebieden die aan de langs klassieke discipline lijnen verkavelde universiteiten niet goed aan bod kwamen. Op het gebied van de natuurwetenschappen waren dat bijvoorbeeld de vaste-stoffysica en vastestofchemie, de fysica en chemie van polymeren, en de katalyse. Ook op terreinen waarvoor dure apparatuur nodig was, zoals de molecuulspectroscopie en de instrumentele analyse, verkreeg het industriële onderzoek in de jaren vijftig een voorsprong. Terwijl voor de Tweede Wereldoorlog eigenlijk alleen Philips enige hoogleraren had geleverd voor leerstoelen aan de TH in Delft, veranderden de verhoudingen na de oorlog radicaal.⁶² Toen in de jaren zestig ook op de genoemde nieuwe terreinen leerstoelen aan de universiteiten werden gecreëerd, werden deze vrijwel uitsluitend door wetenschappers met een industrie-carrière bemand. De vaste-stoffysica en vastestofchemie in Nederland

werd volledig gedomineerd door onderzoekers van Philips, leerstoelhouders op het gebied de katalyse en molecuulspectroscopie kwamen voornamelijk van Shell en in mindere mate DSM. Op het gebied van de polymerchemie leverden AKU (later Akzo) en DSM de hoogleraren; Unilever deed hetzelfde op bijvoorbeeld het terrein van de instrumentele analyse. Voor alle duidelijkheid, het gaat hier om de benoeming van gewone hoogleraren. Dat de na de oorlog eveneens op ruime schaal benoemde buitengewone hoogleraren banden met de industrie hadden spreekt haast vanzelf.⁶³

Hoe was het mogelijk dat de verhoudingen zich na de Tweede Wereldoorlog zo konden wijzigen? Twee factoren zijn reeds genoemd: industriële relevantie en financiële armslag. Toch zijn deze verklaringen onvoldoende. Om het plaatje compleet te maken moeten we ook de vraag stellen waarom de industriële laboratoria zoveel professorabele lieden opleverden die blijkbaar in die industrie onderzoek hadden gedaan dat ook in universitaire kring van voldoende niveau werd geacht. Daarnaast moeten we zien te begrijpen waarom de universiteiten bereid waren leerstoelen in te stellen op interdisciplinaire terreinen met industriële relevantie. Ik begin met de eerste vraag.

Dat er excellent natuurwetenschappelijk onderzoek verricht werd in de grote industriële laboratoria lijdt geen twijfel. Voor een boek over de ontwikkeling van de Nederlandse scheikunde na 1945, dat ik samen met mijn Utrechtse collega Lodewijk Palm redigeer, heb ik een analyse gemaakt van de institutionele herkomst van 147 Nederlandse 'toponderzoekers' op het gebied van de chemie, waarbij ik als indicator genomen heb alle winnaars van belangrijke Nederlandse wetenschapsprijzen op het gebied van de chemie sinds 1945, aangevuld met de 'chemische leden' van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen.⁶⁴ Dat levert een verrassend beeld op. Wanneer we het gehele chemische onderzoek in beschouwing nemen, staan drie van de klassieke universiteiten - Utrecht, Leiden en Groningen - bovenaan, op de hielen gevolgd door Shell en de Universiteit van Amsterdam. Elk van deze instellingen uit de kopgroep had in de periode na 1945 zo'n 14 tot 22 *full time* toponderzoekers.⁶⁵ Dan volgt een middenmoot, met elk 5 tot 10 *full time* toponderzoekers, die bestaat uit Philips, TH Delft, DSM, Akzo en de LH Wageningen. Andere universiteiten, TNO, het NKI en Unilever zitten in de staartgroep (tabel 3).

Tabel 3: Instellingen met chemische 'toponderzoekers', sinds 1945

Instelling	Totaal zonder biochemie	Totaal incl. biochemie
RUU	7,5	22,0
RUL	8,0	19,0
RUG	10,0	17,5
Shell	15,5	15,5
UvA	10,5	14,5
Philips	8,5	9,5
THD	7,5	8,0
DSM	5,5	6,0
Akzo	5,5	6,0
LHW	2,0	5,0
THE	3,0	3,0
TNO	1,0	3,0
KUN	1,5	2,5
NKI	0,0	2,5
Overige (incl. buitenlandse instel.)	6,5	11,0
Totaal	92,5	147,5

Toelichting: personen die aan 2, 3 of 4 instellingen heb gewerkt, zijn per instelling geteld voor 0,5, 0,33 resp. 0,25. Alle totalen zijn vervolgens afgerond op hele en halve cijfers. Hierdoor komt het totaal uit op 147,5 i.p.v. 147. NKI = Nederlands Kanker-Instituut.

Wanneer we dezelfde exercitie nogmaals uitvoeren, maar nu zonder de biochemie - een vak dat gedurende het grootste deel van de betreffende periode veel sterker tegen de medische wereld aanleunde dan tegen de industrie - dan wordt de vooraanstaande positie van het industriële onderzoek op het gebied van de chemie nog overtuigender. Shell staat met 15 à 16 *full time* toponderzoekers ruim bovenaan. De middenmoot bestaat nu, in afnemende volgorde, uit de universiteiten in Amsterdam en Groningen, Philips, de universiteiten in Leiden, Utrecht en Delft, DSM en Akzo. De universiteiten in Utrecht, Leiden en Groningen danken hun hoge klassering in de eerste telling voor een groot deel aan hun omvangrijke en hoogstaande biochemische onderzoek. Kijken we in

het bijzonder naar de industrie dan zien we bij Philips 8 à 9 *full time* toponderzoekers in deze telling en bij DSM en Akzo 5 à 6. Het beeld van Philips is wat vertekend, omdat het in dit overzicht alleen om chemisch onderzoek gaat, terwijl het Philips Nat.Lab, de naam zegt het al, ook zeer sterk is op het gebied van de fysica.

Tot zover dit *Quote*-achtige inkijkje in de Nederlandse chemie. Ik ben me uiteraard bewust dat er enorm veel op dit soort tellingen is af te dingen, evenals op de verlening van wetenschapsprijzen, waar immers Mertons 'Mattheus-effect' een rol speelt en waar ook vriendjespolitiek nooit geheel is uit te sluiten. Het gaat echter wel om vele tientallen personen, en de verschillen tussen sommige instellingen zijn groot. Dat de industriële laboratoria zich in zo'n rangorde midden tussen de universiteiten nestelen, op een schaal die *niet* primair door toepassingen maar door wetenschappelijke kwaliteit wordt bepaald, blijft een opvallend gegeven.

Dit is alleen maar te verklaren als we aandacht hebben voor het feit dat er binnen de industriële laboratoria ook fundamenteel onderzoek werd gedaan. Dat industriële researchlaboratoria dat zouden moeten doen is niet vanzelfsprekend. Integendeel. Toen in de jaren zeventig en tachtig van de negentiende eeuw de industriële research in de Duitse kleurstofindustrie van de grond kwam was er al snel sprake van '*wissenschaftliche Massenerbeit*'.⁶⁶ Lopende-bandwerk kortom, waarbij chemici duizenden verbindingen synthetiseerden, die vervolgens in ververijen of met behulp van proefdieren op hun kleurstofkwaliteiten of farmaceutische eigenschappen werden getest. '*Von Gedankenblitz keine Spur*', zo typeerde Bayer-directeur Carl Duisberg het werk dat in de laboratoria van zijn bedrijf werd gedaan - in een context overigens, het moet worden gezegd, waarin hij zijn chemici een toontje lager wilde laten zingen met betrekking tot het claimen van hoge tantièmes op hun uitvindingen. Ondanks deze relativering moge het duidelijk zijn dat de *wissenschaftliche Massenerbeit* in de eerste industriële laboratoria ver afstond van onderzoek waarmee je lid van een Akademie van Wetenschappen kunt worden. Blijkbaar kreeg het researchwerk in de loop van de tijd een ander karakter.

De oorsprong van die omslag wordt niet zelden gelegd bij het invloedrijke rapport *Science the Endless Frontier* dat Vannevar Bush, hoogleraar electrotechniek aan het prestigieuze MIT, in 1945 aanbod aan president Roosevelt. In dat rapport betoogde hij, op grond van de ervaringen met de wetenschap in het Manhattan-project en andere grote projecten gedurende de Tweede Wereldoorlog, dat *basic science*,

fundamenteel onderzoek, de grondslag vormde voor belangrijke doorbraken. Een land dat zijn *basic science* verwaarloosde zou op den duur hopeloos achter raken en de concurrentieslag met andere landen op economisch en militair gebied verliezen.⁶⁷

Nu zou ik zeker niet willen beweren dat het rapport van Bush zonder invloed was. Het was invloedrijk in Amerika en alleen al daarom indirect ook in Nederland. Een directe invloed was er ook. Op het eerste congres in Nederland dat toegespitst was op industriële en landbouwkunde 'Research', gehouden in Utrecht in oktober 1947, werd er zowel door congresvoorzitter Twijnstra als door de *key-note speaker* Gilles Holst van Philips nadrukkelijk aan het rapport van Bush gerefereerd. Toch geeft deze nadruk op het rapport van Bush een verkeerd beeld van het vooroorlogse onderzoek en een te eenzijdig, Amerikaans, beeld van de rol van de Tweede Wereldoorlog.⁶⁸

Fundamenteel onderzoek begon in de industrie namelijk al aan het begin van de twintigste eeuw. Willis Whitney en zijn medewerker Irvin Langmuir bij General Electric, die voor zijn onderzoek bij GE in 1932 de Nobelprijs kreeg, namen het voortouw.⁶⁹ In de jaren twintig volgde ook de chemische industrie. In 1926 besloten onderzoeksleiders van de Duitse chemiegigant IG Farben - een bedrijf dat toen met meer dan 3700 researchmedewerkers op een geheel andere schaal opereerde dan de Nederlandse industrie - om twee onderzoeksgroepen te formeren die fundamenteel onderzoek zouden doen op het terrein van de polymeerchemie en de katalyse. Vrijwel tegelijk startte ook het grote Amerikaanse chemische bedrijf Du Pont een programma gericht op 'pure science or fundamental research'. Het was als onderdeel van dat programma dat een aantal jaren later de synthetische vezel nylon werd ontdekt. Die ontdekking was zo'n succes en sprak zo tot de verbeelding dat dit zowel binnen Du Pont als daarbuiten als een krachtig bewijs werd gezien voor het doen van fundamenteel onderzoek in een industriële context.⁷⁰ Het voorbeeld nestelde zich snel in het collectieve bewustzijn van wetenschappers en technici die zich met onderzoeksbeleid bezig hielden. Tot op de dag van vandaag kan de 'nylon-mantra' regelmatig worden gehoord.⁷¹ Net als in het voorbeeld van Van Iterson dat ik gaf, zou ik het gebruik van het nylon-voorbeeld in beslissingen over research als 'beleid op de tast' willen typeren. Daarbij doemt een beeld op van een kruising tussen het spelen van blindemannetje en het uitvoeren van een polonaise. De deelnemers, die allen zijn geblinddoekt, volgen elkaar op de tast.

In Nederland was het met name Holst bij Philips die een grondige wetenschappelijke aanpak propageerde. 'Het heeft vaak zin', zo stelde hij in zijn lezing uit 1947, 'een onderzoek zo fundamenteel mogelijk op te zetten en niet te direct op het doel af te stevenen. Hiermee vergroot men de kans om een nieuwe of betere weg te vinden. De directe weg is meestal door anderen ook al betreden en heeft hen klaarblijkelijk niet het gewenste resultaat opgeleverd. Hoe beter men de verschijnselen op de achtergrond beheerst, des te groter de kans om de beste oplossing te vinden (...)'.⁷² Dit pleidooi voor een wetenschappelijk omweg, dat academici welhaast als muziek in de oren moest klinken, werd ook door de opvolgers van Holst, Henk Casimir, Evert Verwey en Herre Rinia, volledig onderschreven. De prestaties die het Nat.Lab. tussen 1914 en 1946 onder leiding van Holst had geleverd leken deze filosofie bovendien volledig te bevestigen. Het had geleid tot een grote productdifferentiatie bij Philips, tot een goed gevulde octrooiportefeuille en tot een grote reputatie in de wetenschappelijke wereld.⁷³ Twee voorbeelden, die veel opzien baarden, licht ik eruit: de ontdekking van een syntheseroute voor vitamine D, en het werk van Anton van Arkel en Jan de Boer op het gebied van de vastestofchemie en de chemie van oppervlakken.

Voor al de ontdekking van een bereidingswijze voor vitamine D sprak zo tot de verbeelding dat Holst in zijn lezing uit 1947 dit voorbeeld als 'kroongetuige' inzette voor zijn researchfilosofie. In 1927 kreeg de fysicus Aart van Wijk op het Nat.Lab. de opdracht een UV-hoogtezon te ontwikkelen ter bestrijding van de Engelse ziekte. Holsts 'wetenschappelijke omweg' indachtig beperkte Van Wijk zich niet tot een rapportage van de zichtbare effecten van de lamp op patiënten, maar startte hij diepgaand biofysisch onderzoek naar de moleculaire omzettingen in de huid onder invloed van UV-licht. Het was bij dat onderzoek dat ontdekt werd dat er onder invloed van UV-straling in de huid een stof geproduceerd werd, vitamine D, die een gunstig effect op de ziekte had. Dit opende de weg tot een bereiding van die stof in het laboratorium. Nadat Van Wijk er samen met de chemicus E.H. Reerink in was geslaagd een economische syntheseroute te ontwikkelen, richtte Philips in 1930 met chocolade-fabrikant Van Houten - voor de smaak - de NV Pharmaceutische Productenmaatschappij Philips-Van Houten op, waaruit zich later de farmaceutische dochter van Philips, Duphar (Dutch Pharmaceuticals), zou ontwikkelen. Research bij Duphar verliep geheel volgens de 'filosofie-Holst'. In de jaren zestig werd maar liefst twintig procent van de omzet aan research besteed, een ongekennd hoog percentage dat alleen kon worden opgebracht door de aanwezigheid van een sterke moeder. Op

het researchlab in Weesp werkten toen ruim 360 personen, waaronder bijna 60 academici.⁷⁴

Van groter belang voor de Nederlandse wetenschapsbeoefening en industrie was het werk dat Van Arkel en De Boer op het Nat.Lab. verrichtten. In de jaren twintig deden deze chemici onderzoek naar metalen en andere vaste stoffen, waarbij ze op basis van de recente atoommodellen van Bohr en Kossel een elegante theorie ontwikkelden die het mogelijk maakte op basis van simpele parameters als ionstralen en ladingen een desperate veelheid aan empirische gegevens onder één gezichtspunt te verenigen. Deze theorie, die zij in uitgewerkte vorm in 1930 publiceerden in hun boek *Chemische binding als electrostatisch verschijnsel*, had voor onderzoekers in het Philips Nat.Lab. een grote heuristische waarde. Het vormde de start van een zeer vruchtbaar onderzoeksprogramma op het gebied van de chemie van de vaste stof dat tot ver na de Tweede Wereldoorlog doorwerkte. Hoewel de directe technische spin-off van de theorie van Van Arkel en de Boer in de literatuur regelmatig is overdreven, zoals Marc de Vries recent heeft laten zien in zijn geschiedenis van het ferrieten-onderzoek bij Philips, speelde het wél een grote rol in het werk van de toonaangevende Philips-onderzoeker Evert Verwey, de echtgenoot van de minstens zo bekende sociologe Hilda Verwey-Jonker.⁷⁵

Voor de Nederlandse anorganische chemie betekende de studie van deze Philips-onderzoekers een belangrijke, op fysisch-chemische inzichten gebaseerde wending die een radicale breuk betekende met de tot dan toe gangbare uiterst descriptieve werkwijze van dat vak. Dat zulke theoretische studies uit een industrieel laboratorium konden voortkomen geeft op zich reeds aan dat Holst een bijzondere academische sfeer op zijn laboratorium had weten te scheppen.⁷⁶ De 'publication-records' van Van Arkel en De Boer vormen daarvan een extra illustratie. Zij onderstrepen zowel het uiterst liberale beleid van Holst op dat punt, als de productiviteit van hun onderzoek. Toen Van Arkel in 1934 hoogleraar in Leiden werd, had hij reeds bijna 100 publicaties op zijn naam staan, die bijna alle uit zijn werk op het Nat.Lab. waren voortgekomen, en toen De Boer vijf jaar later bij Philips vertrok stonden er 150 publicaties achter zijn naam.⁷⁷ De praktijk in de negentiende eeuwse Duitse kleurstof-industrie en in de laboratoria van margarinefabrikant Jurgens, waar publiceren van onderzoeksresultaten 'out of the question was,' staat hiermee in schril contrast.⁷⁸

Toen Van Arkel in 1934 als opvolger van Schreinemakers in Leiden aantrad was hij daarmee een van de eerste hoogleraren scheikunde in

Nederland die afkomstig was uit het bedrijfsleven. Anders dan voor verschillende van zijn collega's was voor Van Arkel samenwerking met de industrie heel normaal. Net als Kruyt in Utrecht, verzamelde hij weldra een enthousiaste groep leerlingen om zich heen, waarvan er velen later op sleutelposities terecht zouden komen in het industriële onderzoek: Van Krevelen, later research-directeur bij Staatsmijnen en bij Akzo, Böttcher, later research-adviseur van Shell en een van de grondleggers van het Nederlandse wetenschapsbeleid, Schuit, leider van de research op het gebied van de heterogene katalyse bij Shell, en Staverman, jarenlang chef van het fundamentele polymerenonderzoek bij TNO. Aangezien Van Arkel zijn in Eindhoven gestarte onderzoeksprogramma in Leiden in wezen voortzette spreekt het haast vanzelf dat veel van zijn leerlingen later bij Philips terecht kwamen. Minder bekend is dat zijn leerlingen George Schuit en Piet Cossée inzichten ontleend aan de vaste-stofchemie introduceerden in het katalyse-onderzoek bij Shell en daarmee bijdroegen aan de internationaal dominante positie van het Amsterdamse Shell-laboratorium op dat terrein - een fraai staaltje indirecte kruisbestuiving tussen het onderzoek bij Philips en Shell.⁷⁹

Ook De Boer had een invloed op de Nederlandse industriële research die veel verder reikte dan de muren van het Nat.Lab. Nog bij Philips, publiceerde hij in 1935 een overzichtswerk over *Electron emission and adsorption*, waarvan Schuit later schreef dat dit het belangrijkste vooroorlogse boek in Nederland was over de grondslagen van de heterogene katalyse, hoewel het woord katalyse in het hele boek niet voorkwam. Tijdens de mobilisatie in 1939 kreeg De Boer de leiding over het Centraal Laboratorium voor Defensievraagstukken. Na in mei 1940 net op tijd naar Engeland te zijn ontsnapt, leidde hij gedurende de oorlog een klein laboratorium van de regering in ballingschap in Londen. In die tijd kreeg hij ook contact met de Britse tak van Unilever. Toen dat bedrijf na de oorlog haar research sterk wilde intensiveren en reorganiseren, vond men De Boer bij uitstek geschikt om, voortbouwend op zijn ervaringen bij Philips, toe te treden tot de researchleiding in Port Sunlight. In 1950 verruilde hij zijn leidinggevende functie bij Unilever voor die van wetenschappelijk adviseur van de directie van Staatsmijnen.⁸⁰ Naast zijn baan als Researchleider van Unilever en, later, adviseur bij Staatsmijnen, werd De Boer in 1946 tot buitengewoon hoogleraar in Delft benoemd. Hij koos de katalyse als werkterrein en werd daarmee de eerst hoogleraar op dat gebied in Nederland. Ondanks het feit dat hij als buitengewoon hoogleraar slechts een deel van zijn tijd aanwezig was, lukte het hem een zeer productieve onderzoeksgroep op te zetten, die als de 'Dutch

School of Catalysis' ook in het buitenland een grote naam kreeg. Een groot deel van de katalytici in het bedrijfsleven en de universiteiten zijn voortgekomen uit de school van De Boer.⁸¹

Het Nederlandse R&D-netwerk (II)

Ik heb wat lang stilgestaan bij dit voor insiders wat afgekloven voorbeeld van het werk van Van Arkel en De Boer omdat het bij uitstek mijn tweede aandachtspunt - dat van de wisselwerking tussen bedrijven en universiteiten - illustreert. Het laat zien hoe er tal van verbindingen ontstonden, zowel sociaal als cognitief, tussen Philips, Shell, Unilever en Staatsmijnen. En ook tussen deze bedrijven en de universiteiten in Leiden en Delft. U ziet dat ik er de voorkeur aan geef om Nationale Innovatiesystemen niet als een abstracte notie te behandelen, maar als iets dat heel concreet voortkomt uit het handelen van mensen.

Een tweede punt dat met dit voorbeeld kan worden geïllustreerd, is hoe de onderzoeksfilosofie van Holst kon doorwerken in het beleid van andere industriële laboratoria. Dat dit gebeurde is zeker het geval. Bij Staatsmijnen waren directeur Van Iterson en de researchleider Gé Berkhoff grote bewonderaars van de aanpak van Holst. Toen tussen 1938 en 1940 het nieuwe Centraal Laboratorium van Staatsmijnen werd opgericht was daarbij het Nat.Lab. het grote voorbeeld.⁸²

Ook andere bedrijven gingen er al vóór of in de oorlog, dus voorafgaand aan het rapport van Vannevar Bush, toe over om de fundamentele research in hun bedrijf te versterken. Het meest sprekende voorbeeld wordt gevormd door de AKU, die in 1941 besloot een fundamenteelgericht Instituut voor Cellulose-Onderzoek in Utrecht te vestigen - bewust ver weg van de op praktijkproblemen gerichte researchlaboratoria in Arnhem en dicht bij de groep van Kruyt op de Utrechtse universiteit. Kruyt, die al sinds 1924 commissaris en adviseur van de HKI was, was sinds de oprichting in 1933 ook lid van de Raad van Bestuur van de NV Onderzoekingsinstituut 'Research', het bedrijf waaronder het Instituut voor Cellulose-Onderzoek ressorteerde. Nadat het Utrechtse instituut in 1943 van start was gegaan ontwikkelde het zich tot een van de belangrijkste onderzoeksinstituten op het gebied van polymeren. Van de eerste generatie hoogleraren polymeerchemie in Nederland kwamen er verschillende van dit instituut.⁸³

Dat het Instituut voor Cellulose-Onderzoek midden in de oorlog werd opgericht was geen toeval. Verschillende bedrijven deden er alles aan om hun researchmedewerkers zoveel mogelijk aan het werk te houden, desnoods met fundamentele, of zelfs met geheel nutteloze, onderzoe-

kingen, om zo te voorkomen dat die medewerkers als onderdeel van de Arbeitseinsatz in Duitsland tewerk zouden worden gesteld.⁸⁴ Zeer instructief is de vergelijking van de totaal verschillende wijzen waarop Philips en de BPM dit vraagstuk tijdens de oorlog aanpakten. Wat er precies gebeurde en wat voor invloed dit na de oorlog had is nog nooit systematisch onderzocht. Ik denk dat er een prachtig proefschriftonderwerp in zit, als de betrokken bedrijven tenminste willen meewerken.

De BPM en Philips stonden tijdens de oorlog voor geheel verschillende problemen. Door de Duitse inval in mei 1940 raakte de BPM plots afgesneden van de rest van het wereldconcern en van vrijwel al haar grondstoffen. Dit betekende dat het grote research-instituut in Amsterdam, met 1350 medewerkers, en de grote technische diensten en ingenieursbureau's in Den Haag in figuurlijke zin geheel in de lucht hingen. Wachtgeld, werkloosheid, tewerkstelling in Duitsland en een 'gat' in de leeftijdsopbouw van het personeel dreigden. Tegen deze achtergrond kwam de op het Amsterdamse BPM-lab werkzame scheikundige Dolf Kohnstamm in 1940/41 op het idee om het personeel zoveel mogelijk in dienst te houden en uit te lenen aan overheidsorganisaties en aan andere bedrijven.⁸⁵ Zo werd een groot deel van het personeel uitgeleend aan de in juni 1940 opgerichte Technische Afdeling van TNO, die onder leiding kwam te staan van de van de BPM afkomstige vezeltechnoloog Jan Uytendogaart, terwijl het BPM-laboratorium in Amsterdam in een soort 'Wetenschapswinkel' werd veranderd die onderzoek ging doen voor het Nederlandse bedrijfsleven. In 1941 zond het laboratorium een circulaire aan een aantal Nederlandse industrieën, waarin het lab haar diensten aanbood voor onderzoek op fysisch, chemisch en andere gebied. Verschillende bedrijven zijn daarop ingegaan. Het BPM-lab deed - al dan niet via het 'TNO-loket' - bijvoorbeeld onderzoek naar zeepvervangers voor De Klok en andere zeepfabrieken, naar chemische vezels voor de AKU, naar het gebruik van stro voor vezels, naar reukstoffen en naar analysemethoden. Ingenieurs van het BPM-hoofdkantoor in Den Haag bouwden tijdens de oorlog voor de AKU een nieuwe fabriek in de Kleefse Waard bij Arnhem. Op verzoek van het Rijksbureau voor de Voedselvoorziening ontwikkelde het BPM-laboratorium, samen met de Chemische Fabriek 'Naarden' en de Delftse Gistfabriek, onder leiding van Jan Al een grootschalige synthese van vitamine C.⁸⁶

Dit zijn slechts enkele voorbeelden uit velen. Hoewel de langetermijn effecten van deze oorlogscontacten nooit zijn onderzocht, kan men gevoeglijk aannemen dat de researchorganisatie van de BPM zo een breed overzicht kreeg over de technische stand van zaken in het

Nederlandse bedrijfsleven. Ook kwamen er blijvende contacten uit voort. De research-directeur van het laboratorium in Amsterdam werd na de oorlog bijvoorbeeld commissaris bij Naarden en andere BPM-technici traden soms in dienst bij de bedrijven voor wie ze hadden gewerkt. Een van de meest krasse staaltjes van de invloed van de BPM-research-organisatie op andere bedrijven wordt gevormd door de Gist- en Spiritusfabriek in Delft, waar tussen 1957 en 1969 twee als adviseur aangesloten voormalige directieleden van het Amsterdamse laboratorium, Vermeulen en Rijks, een doorslaggevende invloed hadden op de introductie van nieuwe organisatievormen en budgetteringssystemen.⁸⁷

Voor Philips lag de situatie in de oorlog geheel anders dan voor de BPM. Het Eindhovense bedrijf had niet of nauwelijks last van een grondstoffenprobleem, terwijl de vraag naar electrotechnische producten tijdens de oorlog bleef bestaan, of zelfs groeide. Toekomstplannen en researchprogramma's werden echter door de oorlog lelijk doorkruist. Waar het er de BPM vooral om ging om de eigen zittende staf zoveel mogelijk aan het werk te houden, fungeerde het Nat.Lab. als een vluchthaven voor wetenschapsmensen wiens positie elders op de tocht was komen te staan en voor net-gepromoveerden die dreigden in Duitsland te werk te worden gesteld. Toen de Leidse universiteit bijvoorbeeld haar deuren sloot keerde Van Arkel terug naar het Nat.Lab. en bracht daar de oorlogsjaren door. Tussen 1940 en 1943 steeg het personeelsbestand van het Nat.Lab. van 516 naar 633 en de academische staf zelfs van 118 naar 157 (in 1945). Onder hen is een indrukwekkende lijst wetenschappers die na de oorlog vrijwel onmiddellijk uitzwermden over de Nederlandse industrie en de universiteiten: Theo Overbeek, de opvolger van Kruyt in Utrecht, Cor van Heerden, hoofd van de sector Grondslagenonderzoek van DSM, Bert Staverman, de polymeerchemicus van TNO, Jan Boldingh, researchdirecteur van Unilever, J.M.L. Janssen, hoofd van de research op het gebied van de meet- en regeltechniek bij Shell, om enkele van de belangrijkste voorbeelden te noemen. Ervaringen die zij bij Philips hadden opgedaan verbreidden zich zo naar andere bedrijven. Boldingh en Staverman waren daar heel expliciet over: de wijze waarop het Nat.Lab. werd gerund, stelden zij zich tot voorbeeld toen zij zelf bij Unilever in Vlaarding en bij TNO in Delft laboratoria moesten opzetten.⁸⁸

Organisatie van fundamentele research

Dat ook zonder Vannevar Bush de wending naar fundamenteel onderzoek binnen de Nederlandse industriële laboratoria zou hebben plaatsgevonden moge inmiddels duidelijk zijn. Vanaf 1945 tot in de jaren

zestig twijfelde - net als in de Verenigde Staten - geen van de leiders van de grote researchlaboratoria eraan dat er aan fundamentele research moest worden gedaan.⁹⁰ De enige vraag die resteerde was hoe je dit onderzoek zou moeten organiseren. Moest je de basisresearch zoveel mogelijk integreren met het toegepaste onderzoek, het in de woorden van de latere Nat.Lab.-directeur Feye Meijer, als het ware laten 'uitstulpen' in de meer toegepaste research, zoals in feite onder Holst was gebeurd? Moest je het onderbrengen in aparte 'fundamentele afdelingen' zoals de afdelingen 'Grondslagenonderzoek' bij Staatsmijnen en 'General Research' van het BPM-laboratorium in Amsterdam (in 1949 omgedoopt tot het Koninklijke/Shell Laboratorium, Amsterdam - KSLA)? Of moest je het zelfs onderbrengen in een apart instituut, zoals de AKU had gedaan toen zij het Instituut voor Cellulose-Onderzoek oprichtte? Dit waren de vragen waarover na de oorlog diep werd nagedacht en heftig gediscussieerd.⁹⁰

Bij Staatsmijnen liepen begin 1948 de gemoederen hoog op toen Henk de Bruijn, een leerling van Kruyt en de chef van de fysisch-chemische afdeling van het Centraal Laboratorium, een krachtig pleidooi hield om de fundamentele research in een apart instituut onder te brengen. Als deelnemer aan een bezoek van Staatsmijnen-technici in juni 1947 aan de fabrieken en laboratoria van IG Farben in Ludwigshafen, welke een van de vele 'spionage-reizen' was die op initiatief van de geallieerden werden georganiseerd, was hij zeer onder de indruk geraakt van de researchorganisatie van de IG. Die bestond op dat moment uit een aantal centrale laboratoria voor fundamenteel onderzoek en een groot aantal decentrale divisielaboratoria voor ontwikkelingswerk. Dat model, dat volgens De Bruijn ook bij Philips en TNO was ingevoerd, vond hij ook voor Staatsmijnen gewenst. Deed men dat niet dan dreigde men in de situatie te verzanden van het BPM-laboratorium in Amsterdam waar research en ontwikkeling dwars door elkaar liepen. Pas sinds kort had de BPM volgens hem leergeld betaald en was men begonnen werkelijk fundamenteel onderzoek te organiseren.⁹¹

Hoewel de toenmalige baas van de research bij Staatsmijnen Gé Berkhoff het eigenlijk met De Bruijn eens was, kreeg de laatste tijdens een discussie over zijn rapport over de reis naar Ludwigshafen van andere collega's felle tegenstand. Zijn voornaamste opponent was Dick van Krevelen, die op dat moment op de nominatie stond om onder het oppergezag van Berkhoff tot leider van de research op het Centraal Laboratorium te worden benoemd. Van Krevelen vond fundamenteel onderzoek sowieso minder belangrijk dan De Bruijn, maar vooral vond

hij de vergelijking met de vele malen grotere IG onzinnig. De kwestie sleepte zich maanden voort. Van Krevelen trok uiteindelijk aan het langste eind en werd in juli 1948 tot researchleider benoemd.

Kijken we naar het verdere verloop van de geschiedenis, dan kunnen we concluderen dat voor Staatsmijnen de aanpak van Van Krevelen een verstandige was. Dat bleek vooral nadat hij in de loop van de jaren vijftig een academische ambiance had weten te creëren, net als Holst indertijd bij Philips. Bovendien deed hij wat water bij de wijn en stichtte ook binnen het Centraal Laboratorium (CL) enkele fundamentele afdelingen. Deze werden echter nooit ondergebracht in een apart instituut. Door de relatief geringe omvang van de Chemische Bedrijven van Staatsmijnen (vergeleken met de fabrieken van bijvoorbeeld IG Farben, Shell, Philips, AKU en Unilever) en door de korte afstand - ook letterlijk - tussen de fabrieken en het laboratorium was Van Krevelen in de jaren vijftig in staat om net als Holst in de jaren twintig goede contacten te onderhouden tussen het laboratorium en de fabrieken, dit ondanks het feit dat het CL autonoom zijn budgetten kon vaststellen en mede daardoor de sfeer ademde van een 'luxe paradijsje' voor 'technuten'.⁹²

Tegelijkertijd verwijderde het onderzoek bij Philips zich steeds verder van de researchpraktijk uit de periode-Holst. In zijn onderzoek naar de research bij Philips heeft Marc de Vries laten zien hoe het Nat.Lab. na de oorlog steeds meer ging functioneren als een centraal laboratorium voor fundamenteel onderzoek, ver verwijderd van de problemen van de productie en van de markt. Dit kwam deels door het beleid van Casimir en zijn mededirecteuren, maar gebeurde deels ook sluipend, als een bijproduct van het isolement tijdens de bezettingstijd én van de kort daarna ingevoerde divisiestructuur met eigen divisie-laboratoria.⁹³

Die toenemende verwijdering tussen het laboratorium en de fabriek, die bij Philips wellicht het sterkst was, trad ook elders op. Dit werd deels veroorzaakt door de enorme schaalvergroting die het industriële onderzoek in de jaren na de oorlog doormaakte. Enkele beschikbare cijfers zijn in tabel 4 bijeen gebracht.⁹⁴ Daaruit blijkt dat de laboratoria van Shell en Philips op den duur een omvang kregen van 2000 medewerkers, of zelfs meer, terwijl de laboratoria van AKU, Unilever en Staatsmijnen zo'n 1200 tot 1500 medewerkers telden. Ook de wat kleinere farmaceutische bedrijven als Gist, Organon (450 researchmedewerkers in 1973) en Duphar (367 researchmedewerkers in 1960) bouwden aanzienlijke research-organisaties op.⁹⁵

Tabel 4: Groei van het aantal researchmedewerkers van de zes grootste industriële researchlaboratoria, 1950-1970

Laboratorium	1950	1955	1960	1970
KSLA	1640	1800	2173	2000
Philips Nat.Lab.	900	1250	1600	2200
AKU (incl. proeffabriek)	530	925	1075	1500
Centraal Laboratorium, Staatsmijnen/ DSM	420	630	780	1200
Unilever Research Zwijndrecht/ Vlaardingen en Duiven	50	175	500	1350
Gist & Spiritus, Delft, na 1967 Gist-Brocades	165	290	430	555

In feite was de groei die optrad nog veel groter dan uit deze cijfers blijkt omdat de grote multinationale bedrijven in dezelfde jaren ook nog andere grote laboratoria in binnen- en buitenland stichtten. Begin jaren vijftig werkten er in de verschillende laboratoria van Philips ruim 6000 mensen, waarvan ongeveer 1000 op het Nat.Lab. In 1960, toen de Nat.Lab. populatie inmiddels tot 1600 personen was gegroeid, telde het totale personeelsbestand op R&D-gebied bijna 14.000 mensen.⁹⁶ Voor Shell en Unilever geldt een vergelijkbaar verhaal. Shell stichtte naast laboratoria in het buitenland in de jaren vijftig een apart research-laboratorium op het gebied van plastics in Delft en in de jaren zestig een laboratorium op het gebied van exploratie en productie in Rijswijk.⁹⁷ Dit concept van gespecialiseerde laboratoria was in die jaren ook binnen Unilever populair. Toen in 1955 het researchlaboratorium van Unilever in Vlaardingen in gebruik werd genomen was dat laboratorium in eerste instantie vooral bedoeld voor wetenschappelijk onderzoek op het gebied van eetbare olieën en vetten. Het Brits-Nederlandse concern had daarnaast in Engeland gespecialiseerde laboratoria opgericht die andere werkterreinen van Unilever bestreken: in Port Sunlight op het gebied

van wasmiddelen, in Colworth House bij Cambridge op het gebied van niet-vechhoudende levensmiddelen en in Londen op het terrein van toiletartikelen. In de jaren zestig kwam daar in Duiven bij Arnhem nog een tweede Nederlands researchlaboratorium bij, gericht op het onderzoeken van (niet-vechhoudende) levensmiddelen.⁹⁸

De invloed van de industrie op de universiteiten

Voor al deze laboratoria waren geschoolde mensen nodig, véél geschoolde mensen.⁹⁹ Liefst op gebieden waar de industrie wat aan had. Maar die mensen waren er niet. Vooral vlak na de Tweede Wereldoorlog was de personeelvoorziening voor de industriële researchlaboratoria een gigantisch probleem. Om de eerste nood te lenigen deed de industrie er alles aan om goede chemici en fysici zo snel mogelijk aan zich te binden. Bijvoorbeeld - zoals bij de BPM - door hen direct na het afstuderen een arbeidscontract aan te bieden en hen dan, op kosten van het bedrijf aan een promotie-onderzoek te laten werken aan een Nederlandse of buitenlandse universiteit.¹⁰⁰ Op langere termijn bood dit echter geen soulaas. Daarvoor was een structurele uitbreiding van het hoger onderwijs geboden. De BPM tastte diep in de buidel en schonk in 1946 - 'ten volle waardierend de grote betekenis van Nederlandse geleerden en ingenieurs voor de ontwikkeling van de industrie, en doordrongen van het feit dat de snelle groei van wetenschap en techniek het noodzakelijk maakt belangrijke vernieuwingen aan te brengen aan verschillende instellingen van Hoger Onderwijs' - het toen gigantische bedrag van drie miljoen gulden aan de Nederlandse staat, bestemd voor de bouw van een proeffabriek voor Fysische Technologie en een proeffabriek voor Chemische Technologie van de Technische Hogeschool Delft en voor de modernisering van het Natuurkundig Laboratorium in Leiden.¹⁰¹

Aan deze schenking had de BPM, afgezien van de oormerking voor de drie genoemde laboratoria, weinig voorwaarden verbonden, maar het bedrijf verwachtte wel dat de bijzondere leerstoel fysische technologie in Delft, die door het toenmalige technische genie van het olieconcern, Van Dijk, werd bekleed, omgezet zou worden in een gewone leerstoel waarop een nieuwe kracht zou worden benoemd. Dit geschiedde. Op de leerstoel werd, toeval of niet, een jonge natuurkundige van het BPM-laboratorium in Amsterdam benoemd: Hans Kramers. Als er ooit sprake was van een kredietbenoeming, dan toen wel, want Kramers was niet gepromoveerd en had bij zijn benoeming in 1947 slecht één publicatie op zijn naam staan. Hij maakte de gestelde verwachtingen echter ruim-

schoots waar en stichtte een school op het gebied van de fysische technologie in Delft van wereldnaam, die tientallen ingenieurs afleverde die opklimmen tot leidinggevende posities in de industriële research en aan de universiteiten. In 1963 verliet Kramers de TH en werd na een intermezzo van enkele jaren bij Euratom, researchdirecteur bij Akzo.¹⁰²

Het voorbeeld van de BPM-schenking illustreert fraai de eerder gesignaleerde omdraaiing van de krachtsverhoudingen tussen industrie en universiteit na de Tweede Wereldoorlog. Vóór de oorlog liep de kennisstroom voornamelijk van de universiteit naar de industrie en was de invloed van de industrie in het hoger onderwijs betrekkelijk gering. Kijken we bijvoorbeeld naar de samenstelling van het College van Curatoren van de TH in Delft dan blijkt dat dit College vóór de oorlog vrijwel uitsluitend bestond uit figuren met een duidelijk politieke achtergrond, of lieden uit de waterstaat. Met uitzondering van de plaatselijke industrieel Waller, directeur van de Gistfabriek, lijken de paar verdwaalde industriëlen in het College, zoals Regout en Colijn, eerder vanwege hun politieke affiliaties tot Curator te zijn benoemd. Na de oorlog verandert het beeld volledig. De research-leiders van Philip, Holst en Casimir namen nu zitting, naast, bijvoorbeeld, Wijffels van Staatsmijnen, Van Doormaal van Ketjen en Schepers van Shell. Analooq aan de studies die er bestaan over ministers, kamerleden en hoogleraren, zou een grondige prosopografische studie van de samenstelling van en verschuivingen in de Colleges van Curatoren van de Nederlandse universiteiten, zoals Pieter Caljé ook reeds suggereerde, zeker een desideratum zijn. Er zijn aanwijzingen dat de ontwikkelingen die ik zojuist met betrekking tot Delft signaleerde zich ook elders voordeden.¹⁰³ Nat.Lab.-directeur Verwey was bijvoorbeeld curator in Utrecht en Duphar-directeur Reerink in Leiden. Ook binnen TNO en ZWO ontbraken invloedrijke industriële researchleiders niet. Verwey was van 1966 tot 1971 voorzitter van SON, de Stichting Scheikundig Onderzoek in Nederland die de tweede geldstroom op het gebied van de chemie beheerde. Hij wist verschillende andere industriële onderzoekers te benoemen in het SON-bestuur en in de besturen van de werkgemeenschappen.¹⁰⁴

Lidmaatschap van een College van Curatoren was één manier om invloed uit te oefenen, of althans een vinger aan de pols te houden, zeker wat betreft het benoemingen-beleid, een andere manier was de deelname aan een van de vele regeringscommissies die in de jaren veertig en vijftig werden ingesteld om het hoger onderwijs te reorganiseren. Met name Holst nam zitting in verschillende belangrijke commissies en spande zich bijzonder in voor de oprichting van een tweede Technische

Hogeschool.¹⁰⁵ Deze ging in 1956, niet geheel toevallig, in Eindhoven van start. Ondanks dit voor de industrie belangrijke initiatief groeide het hoger onderwijs naar de zin van het multinationale bedrijfsleven nog veel te langzaam. De doorbraak kwam eind 1957 toen de Minister van Onderwijs de Commissie Ontwikkeling Natuurwetenschappelijk Onderzoek installeerde onder voorzitterschap van Nat.Lab-directeur Henk Casimir. Naast vier hoogleraren uit Leiden, Utrecht en Groningen, maakte ook de research-directeur van Shell, Willem Slotboom, deel uit van deze invloedrijke commissie. Toen een jaar later het eindrapport verscheen, logen de aanbevelingen er niet om. 'Het bouwtempo ten behoeve van het onderzoek moet circa tienmaal worden versneld', stelde de commissie en 'het aantal hoogleraren moet in korte tijd met een factor drie worden opgevoerd.' Anders dan meestal het geval is verdween het eindrapport van de commissie-Casimir niet in de spreekwoordelijk la. In de tien jaar die volgden, werden de aanbevelingen van de commissie vrijwel onverkort uitgevoerd. Het budget voor het universitaire onderwijs en onderzoek steeg van fl. 185 miljoen in 1958, via fl. 723 miljoen in 1964, naar fl. 2.242 miljoen in 1970.¹⁰⁶

In de jaren zestig groeide dientengevolge het aantal hoogleraren explosief. Op het gebied van de natuur- en scheikunde werd een zeer groot deel van de nieuw geschapen leerstoelen door mensen uit de industrie bemand. Enkelen zetten de stap naar de universiteit ook omdat het klimaat in de industrie met betrekking tot het fundamentele onderzoek veranderde. Er ging een andere wind waaien: onderzoek diende zich meer te richten op de markt.¹⁰⁷

De tucht van de markt

Tussen ongeveer 1966 en 1974 veranderden de researchorganisaties van vrijwel alle grote ondernemingen ingrijpend, zowel wat betreft de oriëntatie van de research als wat betreft de structuur van de organisatie. Fundamenteel wetenschappelijk onderzoek werd afgebouwd, onderzoek dat het korte termijn belang diende groeide. Om de eisen van de markt en de mogelijkheden van de research beter op elkaar af te stemmen voerden veel bedrijven de zogeheten matrix-organisatie in. Een van de kenmerken was het werken met programma's of projecten, die gedefinieerd werden vanuit de behoeften van de markt.¹⁰⁸ Naast deze veranderingen, die op zich reeds heel ingrijpend waren stagneerde ook de groei van de laboratoria. Terwijl 'speurwerk' in 1965 op een congres van de Nederlandsche Maatschappij voor Nijverheid en Handel nog juichend de 'sleutel voor de toekomst' was genoemd, keerde het tij zeer

kort daarna.¹⁰⁹ Na twintig jaar onafgebroken groei trad stagnatie in, of zelfs inkrimping. Dit proces was niet uniek voor Nederland; het voltrok zich ook in andere hoog-geïndustrialiseerde landen.¹¹⁰ Bij Shell zwakte het groeitempo reeds omstreeks 1960 af. Philips volgde ongeveer 1965, de andere grote bedrijven na 1967. Het meest dramatisch waren de veranderingen bij Akzo, dat net in 1969 was ontstaan als resultaat van een fusie tussen de AKU en de Koninklijk Zout-Organon. Werkten er in 1970 nog meer dan 1500 mensen op researchlaboratoria in Arnhem, in 1980 was dat cijfer tot onder de 900 gedaald.¹¹¹

Het is een opvallend gegeven dat het hier kort geschetste herstructureringsproces zich over de gehele linie voltrok. Vooral als we bedenken dat de hier besproken bedrijven veelal op geheel verschillende markten opereerden. Een deel van de oplossing van dat 'raadsel der gelijktijdigheid en gelijksoortigheid' kan gevonden worden in het feit dat een aantal economische factoren over de gehele linie werkzaam was.¹¹² In de eerste plaats de loonkosten die sinds begin jaren zestig, toen aan de geleide loonpolitiek in Nederland een einde kwam, explosief stegen. Deze factor drukte vooral zwaar op researchorganisaties, waar immers de lonen en salarissen een zeer belangrijk deel van de kosten uitmaken.¹¹³ In de tweede plaats de steeds scherpere concurrentie op alle fronten. Sinds de vorming van de EEG, eind jaren vijftig, nam de concurrentie in Europa binnen alle bedrijfstakken sterk toe, temeer daar Amerikaanse bedrijven zich steeds vaker op de Europese markt begaven, daarmee de spoeling voor andere bedrijven dunner makend. In de derde plaats trad op vele belangrijke markten, bijvoorbeeld op de markt voor kunststoffen, marktverzadiging op. De inhaalvraag van na de Tweede Wereldoorlog was vervuld. Vele gezinnen hadden na de eerste loonstijgingen begin jaren zestig de belangrijkste luxe-goederen, zoals auto's en televisies, aangeschaft. Om ze nog meer te laten consumeren dienden extra marketing-inspanningen te worden geleverd.¹¹⁴

Al deze factoren tezamen kunnen tot op grote hoogte verklaren waarom de research eind jaren zestig onder druk kwam te staan. De marges namen af, het kostenbewustzijn nam toe. Dit maakt het begrijpelijk dat de researchinspanning eens kritisch onder de loep werd genomen. Om te begrijpen waarom de bedrijven in veel gevallen ook zulke vergelijkbare *oplossingen* kozen lijkt de economische analyse echter ontoereikend. Pas wanneer ook sociale en culturele factoren in de beschouwing worden betrokken, lukt het ook dat aspect van de geschetste ontwikkeling te begrijpen.

Ik val weer terug op het beeld van de geblinddoekte polonaise. Sinds

het begin van de jaren vijftig stonden de researchleiders van alle grote Nederlandse bedrijven zeer nauw met elkaar in contact. In de loop van 1954 had de directeur van de Nijverheidsorganisatie TNO, Daniël Dresden, namelijk het initiatief genomen om de researchleiders van Shell, Philips, AKU, Unilever en Staatsmijnen bij elkaar te roepen om onderling te overleggen over zaken als de organisatie van research, budgetteringssystemen, en over alles wat verder ter sprake kwam. Dat initiatief vond weerklank, want sinds dat jaar kwam deze informele 'Contactcommissie Nijverheidsorganisatie' - in de wandeling de 'Researchclub' genoemd - bestaande uit de leiders van de vijf grootste industriële laboratoria en de directeur van de Nijverheidsorganisatie TNO, gedurende decennia, mogelijk tot op de dag van vandaag, bij elkaar. Men mag vermoeden dat er binnen dit gremium ook overlegd is over de zojuist geschetste problemen van het hoger onderwijs en over de strategieën een en ander op te lossen. De moeilijkheden die de research in de jaren zestig ondervond en de mogelijkheden die matrixorganisaties boden zullen ongetwijfeld ook aan de orde zijn geweest.¹⁵

Vanaf 1965 werd het terrein van wederzijdse beïnvloeding verder verbreed. In februari van dat jaar organiseerde de OECD, de transatlantische organisatie voor economische samenwerking en ontwikkeling die uit de Marshall-hulp was voortgekomen, een conferentie over 'Research Policy and Company Policy' in Monte Carlo, waaraan naast enkele Amerikanen de researchdirecteuren van de belangrijkste Europese ondernemingen deelnamen. Op deze conferentie, die door Casimir als *key-note speaker* geopend werd, nam men het initiatief tot de oprichting van de *European Industrial Research Management Association*. Deze organisatie, die in 1966 definitief tot stand kwam, is sinds die tijd een belangrijk platform waarop de polonaise van beleidsideeën en managementconcepten kan plaatsvinden. Talloze rapporten en aanbevelingen over zaken als octrooien, licenties, personeelkosten en budgetteringssystemen zijn sindsdien gepubliceerd.¹⁶

Het was binnen dit soort circuits dat het meer dan twintig jaar gekoesterde geloof in de vruchtbaarheid van fundamentele research begon te tanen. Hoewel het zogenaamde 'lineaire model', toegeschreven aan Vannevar Bush, dat uitging van een onproblematische opeenvolging van *basis research-applied research* en *development*, in zijn simpele vorm binnen de industrie nooit aanhangers heeft gehad - ja zelfs, volgens David Edgerton, wellicht alleen een 'stropop' was die figureerde in de geschriften van critici als Nathan Rosenberg, Wiebe Bijker en Trevor Pinch - waren de verwachtingen ten aanzien van het fundamentele

onderzoek bij velen wel hoog gespannen.¹⁷ Het toenemende kostenbewustzijn van de jaren zestig zette echter de vraag naar de effectiviteit en de efficiency van fundamenteel onderzoek op de agenda. Moeilijke inschattingen moesten gemaakt worden om te beslissen of de uitkomsten van fundamenteel onderzoek überhaupt te gering waren, of dat er sprake was van een 'verminderde meeropbrengst'. Casimir begon zich vanaf 1962 zorgen te maken over het rendement van de fundamentele research. Gedachten over het uitgeputte potentieel van wetenschappelijk doorbraken speelde daarbij een rol. Was de bloei van de industriële technologie in de achterliggende decennia niet op ontdekkingen als het atoommodel van Bohr en de quantummechanica gebaseerd en dreigde het toepassingspotentieel daarvan niet uitgeput te raken? Was het wachten niet op cruciale wetenschappelijke doorbraken, die een nieuwe groeigolf mogelijk zouden maken? Lagen de belangrijkste mogelijkheden wellicht op het terrein van de biochemie en de moleculaire biologie? En zo ja, moest Philips daar dan wat aan gaan doen? Dit soort gedachten plaagden de researchleiders.¹⁸

Een belangrijke, veel aangehaalde studie op dit terrein werd vanaf 1963 in opdracht van het Pentagon verricht. In Amerika was defensie de grootste financier van zogeheten *basic research*. Toen ook daar de researchkosten, die alleen al voor de *basic research* zo'n 100 miljoen dollar per jaar bedroegen, sterk begonnen op te lopen, was het zaak het hele beleid eens kritisch door te lichten. Het zogeheten Project Hindsight werd gestart, waarin verschillende onderzoeksteam de opdracht kregen de geschiedenis van een groot aantal wapensystemen te reconstrueren en te bezien welke rol fundamenteel onderzoek daarbij had gespeeld. De conclusies van de vanaf 1966 verschijnende deelrapporten en het in 1969 verschenen eindrapport lieten weinig heel van de gedachte dat investeren in fundamentele research een lonende optie was. Nog geen half procent van alle innovaties kon daadwerkelijk op het conto van ongericht wetenschappelijke basisonderzoek worden geschreven.¹⁹

Dat deze gevolgtrekking, die door de onderzoekers van het Pentagon luid werd verkondigd, veel opzien baarde en druk werd bediscussieerd in het Amerikaanse congres is niet verwonderlijk. Ondanks de vele methodologische tekortkomingen van het onderzoek, onstond er toch een algehele stemming tegen het doen van fundamenteel onderzoek, zowel in nationale gremia op het gebied van wetenschapsbeleid, als in kringen van de industrie. Dat daarbij geen recht werd gedaan aan de belangrijke kritiek die op het Hindsight-rapport werd geleverd, onderstreept mijn

stelling dat koerswijzigingen in researchbeleid vaak het karakter hebben van speuren op de tast en geen uitkomst zijn van een louter rationeel proces.¹²⁰

Als gevolg van deze omslag in het denken ontstond er rond 1970 een nieuw vocabulaire. Het was de tijd van de drie M's: markt, matrix en McKinsey.¹²¹ Ook die laatste M. Want als er één groep van bedrijven garen heeft gesponnen bij de crisis in de industriële research van de jaren zestig dan zijn het wel de organisatie-adviesbureaus. Bij alle bedrijven waren de Boston Consultants, de McKinsey's, de Knight-Wegensteins en de Urwick's kind aan huis om de introductie van strategische beleidscycli en matrixorganisaties te begeleiden.¹²²

Begrippen als fundamentele en toegepaste research, die teveel vanuit het onderzoeksproces zelf gedacht waren, raakten uit. Nieuwe begrippen, die met de verschillende tijdschalen van de planningscycli verbonden konden worden, kwamen in de mode. Voortaan diende er over exploratieve research voor de lange termijn, vernieuwende research voor de middenlange termijn en ondersteunende research voor de korte termijn gesproken te worden. Akzo voerde deze categorieën omstreeks 1970 in. Bij Shell werd de term exploratieve research al langer gehanteerd. Daarnaast verschoof in de jaren zestig en zeventig de aandacht geleidelijk van 'R&D' naar het bredere begrip 'innovatie'.¹²³

Achter deze wisseling van vocabulair gingen zeer pijnlijke beslissingen en ingrepen schuil. De personeelreductie bij Akzo is al genoemd. Shell en Unilever, op hun beurt, kwamen terug op hun nog niet zo lang daarvoor ingezette beleid om de research op bepaalde terreinen onder te brengen in gespecialiseerde laboratoria. De grote laboratoria kwamen weer in de mode. Shell bezuinigde vanaf 1972 fors, sloot het Plastics Laboratorium in Delft en concentreerde het onderzoek in Amsterdam.¹²⁴ Unilever sloot het pas opgerichte laboratorium in Duiven en bundelde de research in Vlaardingingen.¹²⁵ Bij Philips was de situatie evenmin florisant. Hoewel in principe reeds omstreeks 1970 was besloten om de greep van de productdivisies op de research te vergroten, kwam er geen helder systeem van aansturing tot stand. Het bedrijf kon maar moeilijk afstand nemen van de voorheen zo succesvolle oriëntatie op fundamentele research en modderde in zekere zin door tot begin jaren negentig, toen knopen werden doorgehakt.¹²⁶

Van nationale naar internationale kennisnetwerken

Begin jaren tachtig keerde het tij. Ik zal echter kort zijn over deze periode. Het beeld is verwarrend. Diepgaand onderzoek naar die periode

heb ik nog niet gedaan. Ik presenteer enkele voorlopige observaties die ik belangrijk acht.¹²⁷

In de eerste plaats de constatering dat in deze periode de verschillen tussen de grote multinationals toenamen. Maakten de grote bedrijven gedurende de drie eerste perioden min of meer dezelfde ontwikkelingen door, na 1980 werd dit steeds minder het geval. Hoewel in het algemeen aan de neerwaartse trend in de industriële R&D-investeringen omstreeks 1980 een einde kwam, en er een nieuwe periode aanbrak met hooggespannen verwachtingen ten aanzien van de research, gingen er achter deze algemene trend grote verschillen tussen bedrijven en bedrijfstakken schuil.¹²⁸ Zo werd het Shell-laboratorium in Amsterdam reeds vanaf het begin van de jaren tachtig geleidelijk ingekrompen, gedurende de laatste vier jaar zelfs zeer fors. De chemische research is bij Shell grotendeels weggesaneerd en de niet met de divisies is verbonden *corporate research* is opgeheven. Daar tegenover staat dat bedrijven als DSM en Philips de afgelopen decennia soms duidelijke perioden hebben gekend waarin er weer zeer fors in de research werd geïnvesteerd.¹²⁹

Deze verschillen hangen ongetwijfeld samen met het verdwijnen van breed geschakeerde ondernemingen. Bedrijven kozen voor een beperkte set kernactiviteiten. Grote, geïntegreerde concerns op het gebied van de olieproductie, de chemie en de farmacie hebben zich de laatste vijftien jaar opgesplitst in apart oliemaatschappijen, chemische bedrijven en farmaceutische ondernemingen.¹³⁰

Een tweede belangrijk kenmerk is de sterk gegroeide samenwerking tussen de universiteiten en de industrie.¹³¹ Werd het universiteitssysteem door Casimir en de zijnen in 1958 ontworpen voor een samenleving van voortdurende groei, waarin *the sky the limit* was, na de stagnatie van het industriële onderzoek rond 1970 werd de potentiële capaciteit van het universiteitssysteem in de bèta-wetenschappen in feite een waterhoofd dat niet meer in verhouding stond tot de industriële vraag. Om de gevolgen van dalende studentenaantallen en daarmee samenhangende afnemende financiën te keren, zijn hoogleraren in de bèta-vakken kleine ondernemers geworden die hun onderzoeksfinanciering moeten zien te krijgen van de industrie.¹³² De industrie op haar beurt wil maar wat graag samenwerken, omdat de afname van het interne fundamentele onderzoek de noodzaak vergroot om goed op de hoogte te zijn van fundamenteel-gerichte universitaire research.¹³³ Daarbij heeft zich een duidelijke internationalisering voorgedaan. Ging het in de jaren tachtig nog vooral om contacten met de Nederlandse

universiteiten, tegenwoordig 'shoppen' bedrijven over de gehele wereld om de beste krachten op een bepaald terrein aan zich te binden. Een bedrijf als DSM laat twee seniorwetenschappers *full time* rond de wereld reizen om te netwerken met ongeveer 2000 onderzoekers. Eén doet China en Rusland, waar de wetenschappers goed en goedkoop zijn. De ander bestrijkt de rest van de wereld.¹³⁴ Daarnaast heeft de universitaire-industriële samenwerking binnen Nederland een andere gedaante gekregen door de oprichting van vier Technologische Top-Instituten (TTI's) op het gebied van de metalen (NIMR), polymeren (DPI), voeding, en telematica. In deze TTI's participeren meerdere bedrijven, samen met NWO en de universiteiten.¹³⁵ Het aantal personeelsplaatsen dat door SON/STW gefinancierd werd voor toepassingsgericht chemisch onderzoek steeg van 63 in 1985 naar 170 in 1997, terwijl het personeelsbudget voor het meer zuiver-wetenschappelijke onderzoek in dezelfde periode licht daalde.¹³⁶

Mijn derde constatering heeft betrekking op de grote veranderingen die zich de laatste tien jaar hebben voltrokken.¹³⁷ Vanaf het moment dat de eerste betrouwbare cijfers beschikbaar zijn (eind jaren vijftig) tot 1990 namen de 'Grote Vijf' steevast zo'n 65 procent van de researchuitgaven in de particuliere sector voor hun rekening. In 1999 was dit aandeel echter plots gedaald tot 53 procent en gezien de ontwikkelingen van de laatste jaren ligt dit percentage nu ongetwijfeld nog lager. Nieuwe bedrijven, die lange tijd nauwelijks een rol speelden in het Nederlandse researchlandschap, duiken nu op aan de top: ASML, in 1991 afgesplitst van Philips, waar 1500 mensen in onderzoek en ontwikkeling werken; Océ met 1075 onderzoekers en ontwikkelaars; twee buitenlandse bedrijven, Lucent en Ericsson, met elk zo'n 1100 tot 1200 mensen in onderzoek en ontwikkeling.¹³⁸ De R&D-activiteit van bedrijven op het gebied van de electronica en de informatica groeide blijkbaar veel sterker dan die van bedrijven op het terrein van de chemie.

Een vierde en laatste observatie is dat het fundamentele onderzoek, dat sinds ongeveer 1970 in sterk afgeslankte vorm bij de meeste bedrijven nog steeds bestond, de laatste paar jaar vrijwel geheel van de kaart is verdwenen.¹³⁹ Bij DSM vond een forse reductie van het los van de divisies staande onderzoek plaats,¹⁴⁰ terwijl deze zogeheten *corporate research* bij Akzo Nobel (in 1999) en Shell zelfs geheel werd stopgezet.¹⁴¹ Volgens de plannen moet het centrale laboratorium van Akzo Nobel in Arnhem, dat tussen 1980 en 1995 weer geleidelijk gegroeid was tot zo'n 1300-1400 werknemers, door reorganisaties uiteindelijk worden ingekrompen tot een bezetting van 200 man, die alléén voor opdrachten van

divisies mogen werken. Noor van Andel, de met de VUT-gestuurde leider van de *corporate research* van het bedrijf schetst deze ontwikkelingen als volgt: 'De macht is aan het verschuiven van directie naar grootaandeelhouders. Lange-termijnresearch, de visionair-wetenschappelijke cultuur die niet het ontwikkelen van producten voorop stelt maar de kennis om dat over 5 jaar te doen, is daarvan de dupe. Die is helemaal verdwenen, niet alleen bij Akzo, ook elders.'¹⁴²

Tegen deze achtergrond is het haast aandoenlijk om te zien hoe de 'Staf Director Technology' van Akzo Nobel (Jan de Wit) in 2001 probeerde binnen 'chemisch Nederland' een discussie aan te zwengelen over de vraag of de tweede geldstroomorganisatie op het gebied van de chemie niet in handen van de industrie moest worden gegeven. Derde geldstroom-contracten waren vaak op een te korte termijn gericht, terwijl de industrie ook behoefte had aan fundamenteel onderzoek, gericht op de lange termijn: of de universiteiten die inspanning maar even wilden leveren. De discussie die hierover in het *Chemisch2Weekblad* losbarstte was soms behoorlijk geagiteerd. Erg overtuigend vonden sommigen het initiatief uit de Akzo-hoek niet, zo kort nadat men zelf het fundamentele onderzoek de nek om had gedraaid.¹⁴³

Of dit industriële beleid verstandig is, kan ik in zijn volle omvang moeilijk beoordelen. Enerzijds is mijn conclusie op basis van het hier gepresenteerde historische verhaal dat bedrijven die kennis van buiten willen assimileren, zoals nu in de mode is, er goed aan doen een hoog niveau van kennis en kunde in eigen huis te onderhouden. Het doen van fundamenteel onderzoek op gebieden die cruciaal zijn voor het bedrijf kan daarbij van groot belang zijn. Waarschijnlijk is dit een van de moeilijkheden waar het midden- en kleinbedrijf mee kampt op het gebied van de research. Hun eigen onderzoeksinspanning heeft doorgaans te weinig 'kritische massa' om resultaten die elders in de wereld worden geboekt te signaleren en te assimileren. Grote bedrijven die hun fundamentele onderzoek stopzetten spelen, zo bezien, gevaarlijk spel. Piet Lemstra, hoogleraar polymeerchemie in Eindhoven, spreekt in dit verband zelfs over 'een irreversibel proces met grote gevolgen voor de kennisinfrastructuur in Nederland en de samenwerking tussen universiteiten en industrie'.¹⁴⁴ Ook het eerder behandelde voorbeeld van de fasenleer laat fraai zien hoe sterke kennisposities op academisch gebied doorgewerkt hebben in het Nederlandse bedrijfsleven, maar alléén doordat de bedrijven zelf het betreffende onderzoeksterrein met kracht ter hand namen. Het laat bovendien zien dat de bedrijven soms decenia lang hun kennisvoorsprong in bepaalde richtingen verder hebben

weten uit de bouwen. Tegenover het mogelijke nadeel van een door 'padafhankelijk' te geringe flexibiteit, staat het mogelijke voordeel van een vergrote concurrentiekracht op het terrein waarop men een voor-sprong heeft. In het geval van ureum heeft DSM dit voordeel jarenlang kunnen uitbuiten. Dit veronderstelt echter wel dat men het betreffende kennisdomein actief blijft bewerken. De beleidswijzigingen die sinds 1970 in het industriële onderzoek hebben plaatsgevonden roepen de vraag op of sommige bedrijven dit gegeven nog wel voldoende onderkennen. Industriële kennisposities die gedurende decennia werden opgebouwd, lijken de laatste jaren in hoog tempo te worden afgebro-ken. Steunen op universitaire kennis zonder een intensieve eigen acti-viteit, biedt geen soelaas.

Anderzijds is een eenmaal ingezette trend moeilijk te keren. De con-currenten bezuinigen tegenwoordig ook op de research, waardoor hun kostenpositie verbetert, en de aandeelhouders eisen hoge winsten op korte termijn, zodat men als gevolg van beide invloeden wel moet vol-gen. Bovendien hebben bedrijven in dezelfde branche - al dan niet inge-fluisterd door dezelfde 'voorspellers' - vaak overeenkomstige toekomst-verwachtingen.¹⁴⁵ De geblinddoekte polonaise gaat zo onverminderd voort.

Dankwoord

Mijnheer de rector, leden van het bestuur van de Stichting Historie der Techniek, geachte aanwezigen!

Ik kom tot een afronding. De afgelopen veertig minuten heb ik u door vier fasen in het Nederlandse industriële onderzoek gevoerd, waarvan ik er twee uitvoerig behandeld heb. Om het beeld met betrekking tot de laatste twee fasen scherper te krijgen is nog veel onderzoek nodig. Dat zal de komende jaren zeker een van mijn aandachtspunten zijn.

Naast de verdeling in vier fasen heb ik twee andere aandachtspunten op mijn agenda gezet: de interactie tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en het hoger onderwijs, en het deels daarmee samenhangende modieuze, collectief tastende karakter van beleidswijzigingen.

Wat betreft het eerste punt meen ik overtuigend te hebben aangetoond hoe belangrijk de interactie tussen de grote bedrijven in Nederland de laatste eeuw geweest is en hoe ingrijpend hun invloed op het hoger onderwijs veranderd is.

Met betrekking tot het tweede punt hoop ik u ervan overtuigd te hebben dat zelfs grote bedrijven voor een deel speuren op de tast. Vraagstukken van researchbeleid, waaronder inschattingen met betrekking tot toekomstige ontwikkelingen zijn complex. Pasklare antwoorden zijn niet aanwezig. Dit levert een breed speelterrein op voor de Arthur D. Little's en de McKinsey's om tegen veel geld hun ideeën aan de man te brengen.

U zult hebben bemerkt dat ik een grote voorkeur heb voor empirisch historisch onderzoek, waarbij daden en gedachten van mensen van vlees en bloed zichtbaar worden gemaakt. Het is mijn stellige overtuiging dat in onze maatschappij historisch onderzoek de belangrijke culturele taak heeft de openbare mening te informeren over kwesties die ons alleen aangaan. De geschiedenis van het industriële onderzoek en van de verhouding tussen industrie en universiteit is daarbij een belangrijk thema. De invloed hiervan op de ontwikkeling van onze samenleving is groot.

Ik hoop de komende jaren op deze wijze voort te gaan. Mijn nieuwe staat geeft me daarbij extra armslag. Ik dank het Bestuur van de Stichting Historie der Techniek zeer voor het genomen besluit de techniekgeschiedenis in Nederland te bevorderen door het instellen van

een leerstoel in Maastricht. De aan mij gestelde verwachtingen hoop ik de komende jaren te kunnen waarmaken. Het College van Bestuur en het Bestuur van de Faculteit der Cultuurwetenschappen dank ik zeer voor het gestelde vertrouwen door mij te benoemen als hoogleraar Geschiedenis van Wetenschap en Techniek, en hun onderlinge samenhang.

Velen zijn mijn reisgenoten geweest op de tocht die uiteindelijk tot deze benoeming heeft geleid. U zult mij niet euvel duiden, hoop ik, dat ik als chronologie-freak, mijn reisgenoten in chronologische volgorde voor hun gezelschap bedank:

- in de eerste plaats mijn ouders, die mij steeds van nabij gevolgd en gesteund hebben en die indertijd, toen ik nog 'thuis' woonde, zoals dat heet, een sfeer schiepen waarin over talloze onderwerpen kon worden gepraat, zodat nieuwsgierigheid maximaal tot ontplooiing kon komen;
- in de tweede plaats Marijke, die mij al meer dan 25 jaar op al mijn kronkelwegen volgt, zowel door het hele land, als in intellectuele zin. Lieve Marijke, je bent me steeds tot grote steun geweest, en daarvoor wil ik je vanaf deze plaatst heel erg bedanken.

Verder:

- Freek Kaptein, die mij de beslissende zet gaf om mijn politieke, filosofische en historische zijwegen tijdelijk af te breken voor het afronden van mijn scheikundestudie;
- Wim Hornix, die als initiator en inspirator van het kleurstofproject mij definitief op het spoor zette van de wetenschaps- en techniekgeschiedenis; die mij de waarde van *close reading* van historische bronnen leerde, en die mij op liberale wijze ongebreideld liet grasduinen in zijn fantastische bibliotheek;
- Henk van den Belt, mijn kamergenoot tijdens de eerste jaren van het kleurstofproject die mij gedurende twee jaar een *crash course* in de sociologie en de economie heeft gegeven, en zo de lessen die Rob Kayzel mij indertijd in een Amsterdamse mensa gaf aanmerkelijk heeft verdiept;
- Arie Rip, die als lid van de begeleidingscommissie van het kleurstofproject altijd zoveel nieuwe perspectieven heeft geopend, zo kritisch kon zijn en tevens zoveel intellectueel spannende zaken op de agenda zette, dat hij zeker tot een soort *alter ego* is geworden. De regelmatig bij mij opkomende vraag 'Wat zou Arie hiervan vinden?' bewijst het.

- Wiebe Bijker, die ruim twintig jaar geleden met Trevor Pinch de Nijmeegse kleurstofgroep bezocht en die sindsdien techniekgeschiedenis en theorievorming zo elegant en transparant met elkaar verbonden heeft, dat hij mij blijvend heeft weten te inspireren. Zijn invloed op de Nederlandse techniekgeschiedenis is vele malen groter dan hij vermoedelijk zelf beseft;
- Paul Klep, die, behalve dat hij mijn promotor heeft willen zijn, een enorme invloed op mijn vorming gehad heeft door het fantastische maandelijks colloquium over sociale en economische geschiedenis dat hij in Nijmegen organiseerde. De papers die we daar bespraken en de discussies die we daar hebben gevoerd, hebben mij pas van chemicus tot historicus gemaakt;
- Johan Schot, die bijna twintig jaar geleden als student mijn kamer in Nijmegen binnen viel om een gesprek te beginnen over meekrap. Een gesprek dat sindsdien niet meer is gestopt en waaruit behalve gemeenschappelijk historisch werk ook een vriendschap is gegroeid waarvoor ik hem heel dankbaar ben;
- Harry Lintsen, die techniekhistorisch Nederland onschatbare diensten heeft bewezen door met verbeelding, durf, vasthoudendheid en inzet een groot project over de geschiedenis van de techniek in Nederland te starten dat nu al 14 jaar loopt. Dit inmiddels ook door Johan Schot en Arie Rip geleide project heeft een niet te becijferen invloed gehad op de ontwikkeling van mijn vak in Nederland;
- mijn chemiehistorische companen Peter Morris, Tony Travis, Christoph Meinel, Carsten Reinhardt en Bill Brock die mij op gezette tijden ontvoerden naar het veld van de internationale chemiegeschiedenis, weg van de geschiedenis van de Nederlandse techniek;
- en *last but not least*, de collega's en studenten van de Faculteit Cultuurwetenschappen in Maastricht die mij al meer dan tien jaar iedere dag ervan overtuigen dat Maastricht in Nederland absoluut de beste plaats voor de wetenschaps- en techniekgeschiedenis is.

Ik dank u voor uw aandacht!

Noten

- 1 Een analyse van denkpatronen van die luide verkondigers is te vinden in: Rein de Wilde, *De kenniscultus. Over nieuwe vormen van vooruitgangsgeloof*, inaugurele rede Universiteit Maastricht, 22 juni 2001 (Maastricht 2001).
- 2 'Voorkom dat studenten naar VS gaan', *Dagblad de Limburger* (2 sept. 2003), B1; Wammes Bos, 'Universiteiten moeten dichter tegen bedrijfsleven aanschurken', *Observant* (4 sept. 2003), 4. Zie ook: Jan Rotmans, 'De innovatieve universiteit tussen droom en daad', *Observant* (11 sept. 2003), 5; Wammes Bos, 'Turbo-Jo raast door de universiteit', *Observant* (25 sept. 2003), 7.
- 3 Vgl. Paul Wouters, 'De activiteiten van de chemie en industriegroep', in: *Bulletin. Kommunikatiemedium aan de subfaculteit der Scheikunde van de Vrije Universiteit* 3 (2) (oktober 1970); 'De positie van de onderzoeker in het bedrijf', *Bulletin Scheikunde* 4 (3) (mei 1972), 25-26.
- 4 Zo was er plots felle kritiek op het zogeheten *scouten*, de praktijk dat hoogleraren namen van goede studenten doorgaven aan bevriende bedrijven. Vgl. Jaap Stoffels, 'open brief aan de hoogleraren der Subfaculteit Scheikunde, Vrije Universiteit', in *Bulletin. Kommunikatiemedium aan de subfaculteit der Scheikunde van de Vrije Universiteit* 3 (4) (11 dec. 1970), 14-15; Guus de Boer, 'Industriedag Arnhem', in: *Bulletin. Kommunikatiemedium aan de subfaculteit der Scheikunde van de Vrije Universiteit*, 3 (8) (29 april 1971), 9-11.
- 5 *Wetenschap en Maatschappij (Science and Society)*, door 123 medewerkers van het Nat.Lab. (N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Kern, Natuurkundig Laboratorium: Eindhoven 1973). Zie ook 'Rapport groep Philips onderzoekers', *Wetenschap & Samenleving* 74/2 (febr. 1974), 29-30, 53-55.
- 6 'Industrieel wetenschapsbeleid', themanummer *Wetenschappen & Samenleving* 5 (7) (sept. 1973); 'Wetenschap in de industrie', themanummer *Wetenschap & Samenleving* 74/4 (april 1974). Vgl. Leo Molenaar, 'Wij kunnen het niet langer aan de politici overlaten ...' *De geschiedenis van het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers (VWO) 1946-1980*, proefschrift Universiteit van Amsterdam (Delft 1994), 290-291, 302-307.
- 7 Zie ook: Ernst Homburg en Arie Rip, 'Technisch, industrieel en landbouwkundig onderzoek in Nederland in de twintigste eeuw', *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 66 (2003), 201-207.
- 8 Philip Vergragt, Kees Blase en Peter Groenewegen, 'Industriële laboratoria', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 6-7; Kees Blase, 'Het Nat.Lab. in beweging', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 19-24; Kees Blase, 'Het stille verzet', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 54-57; Sjerp Zeldenrust, 'Participatie en controle in een industrieel laboratorium', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 40-43; Loet Leydesdorff, *Werknemers en het technologisch vernieuwingsbeleid*, proefschrift Universiteit van Amsterdam (Amersfoort 1984); Paul de Laat, *Een kwestie van vertrouwen. Sociale effecten van de invoering van matrixstructuren in R&D-organisaties. een case-studie van de organisatie-ontwikkeling bij Scholten-Honig Research*, proefschrift RU Groningen (Groningen 1990).

- 9 Philip Vergragt, 'Besluitvorming in industriële R en D', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 44-48; Gerard de Vries, 'De ontwikkeling van wetenschappelijke kennis, sociologisch beschouwd', *Kennis en methode* 6 (1982), 190-220; Pieter Weeder en Do Kester, 'Variatie en selectie: de constructie van een industrieel produkt. Het geval Tenax', *Kennis en methode* 6 (1982), 221-251; P.J. Vergragt, 'The social shaping of industrial innovations', *Social Studies of Science* 18 (1988), 483-513; K.F. Mulder, *Choosing the Corporate Future. Technology Networks and Choice Concerning the Creation of High Performance FiberTechnology*, proefschrift RU Groningen, 1992. Zie ook: Emiel van Kreveld, Jacob de Swaan Arons, Peter van de Loo en Jaap Naber, 'Shell: research en besluitvorming', *Wetenschap & Samenleving* 74/4 (april 1974), 8-14; J.C.F. Kessler, 'Akzo: synthetisch leer', *Wetenschap & Samenleving* 74/4 (april 1974), 22-25.
- 10 Joop Schopman, 'Wetenschap in bedrijf: Ontwikkeling en organisatie van het halfgeleideronderzoek binnen de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken (1930-1955)', *Tsch. Gesch. Gnk. Natuurw. Wisk. Techn.* 5 (1982), 158-185; J.H.F.M. Schopman, 'The Dutch contribution to barrier-layer semiconductors in the pre-germanium era', *Janus* 69 (1982), 1-28; Joop Schopman, 'Philips' Antwort auf die neue Halbleiterära: Germanium und Silicium (1947-1957)', *Technikgeschichte* 50 (1983); J. Schopman, 'The Philips' contribution to theory and application of semiconducting oxides (1935-1950)', *Janus* 70 (1983), 129-145.
- 11 A. Sarlemijn, 'Toepassing van wetenschap in de techniek: "brood op de plank"', in: D.W. Vaags en J. Wemelsfelder (red.), *Techniek, innovatie en maatschappij* (Utrecht/Antwerpen 1983), 98-120; A. Sarlemijn, *Tussen academie en industrie. Casimirs visie op wetenschap en researchmanagement* (Amsterdam 1984); J.J. Hutter, *Laboratoria in Nederland vóór 1940* (Eindhoven 1986); J.J. Hutter, 'Nederlandse laboratoria 1860-1940, een kwantitatief overzicht', *Tsch. Gesch. Gnk. Natuurw. Wisk. Techniek* 9 (1986), 150-174; J.J. Hutter, 'Onderzoek naar hogedrukkwiklampen bij Philips', *Tsch. Gesch. Gnk. Natuurw. Wisk. Techniek* 9 (1986), 242-254; J.J. Hutter, *Toepassingsgericht onderzoek in de industrie. De ontwikkeling van kwiklampen bij Philips, 1900-1940*, proefschrift TU Eindhoven, 9 december 1988; Peter Kroes en Martijn Bakker (red.), *Technological Development and Science in the Industrial Age. New Perspectives on the Science-Technology Relationship* (Dordrecht 1992).
- 12 N.J. Wijnbeek, 'Feature study naar een Shell-onderzoek', intern rapport Centrum Algemene Vorming Vrije Universiteit, 30 okt. 1974; N.J. Wijnbeek en A. Rip, 'Fundamenteel onderzoek in een industriële context: enkele casus-studies', manuscript RU Leiden, 27 februari 1975; N.J. Wijnbeek en A. Rip, 'Aanvullende gegevens over het steroïden-onderzoek in Leiden en bij Philips-Duphar', intern rapport Chemie en Samenleving Leiden, maart 1975; Loet Leydesdorff e.a., *Philips en de wetenschap. Verslag van een onderzoek naar relaties tussen universitaire en industriële research in de vaste stof-fysica* (Amsterdam 1980); Sjerp Zeldenrust, *Ambiguity, Choice and Control in Research*, proefschrift Universiteit van Amsterdam, 18 januari 1989. Vgl. ook Joop Schopman, 'The history of semiconductor electronics: A Kuhnian story?'

- Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* 12 (1981), 297-302.
- 13 E.S.A. Bloemen, *Onderzoek en ontwikkeling door het bedrijfsleven in Nederland, 1919-1939*, Sociologisch Instituut Leiden, afstudeerscriptie, juni 1977; E.S.A. Bloemen, 'Research, wetenschap omgezet in kapitaal: de opkomst van R&D in Nederland', in: [Werkgroep 'techniek, technologie en samenleving', Rijksuniversiteit Leiden], *Maatschappijgeschiedenis van de techniek (wts1). Collectedictaten 1977/78 thd* (Technische Hogeschool Delft, z.j.), 277-296; E.S.A. Bloemen, 'Bezieling en "esprit d'équipe". Industriële research in Nederland in het interbellum', in: P. Boomgaard e.a. (red.), *Exercities in ons verleden. Twaalf opstellen over de economische en sociale geschiedenis van Nederland en koloniën 1800-1950* (Assen 1981), 153-167.
 - 14 H. van den Belt, B. Gremmen, E. Homburg en W. Hornix, *De ontwikkeling van de kleurstofindustrie. Onderzoeksproject van het Wetenschap en Samenleving-Programma van de K.U. Nijmegen. Eindrapport* (Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen, KU Nijmegen, april 1984).
 - 15 Peter de Bruyn, Jan den Engelsman en Lennart Kik, *Margarine en synthetische kleurstoffen: een terreinverkenning van het innovatieproces*, verslag van een onderwijsproject, onder begeleiding van B.C. van Houten, G. Verbong en H. Lintsen (TH Eindhoven, februari 1980); Lex Lemmens, *Technische innovaties: op zoek naar een empirische theorie*, intern rapport (TH Eindhoven, april 1981); G. Verbong, *De ontwikkeling van de transistor bij Philips*, afstudeerscriptie, onder begeleiding van H.W. Lintsen en W.de Ruiters (TH Eindhoven, mei 1981); A.M.C. Lemmens en G.P.J. Verbong, 'Natuurlijke en synthetische kleurstoffenproductie in Nederland in de negentiende eeuw', *Jaarboek voor de Geschiedenis van Bedrijf en Techniek* 1 (1984), 256-275.
 - 16 H.W. Lintsen en E. Homburg, 'Techniekgeschiedenis in Nederland', in: H.W. Lintsen e.a. (red.), *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving, 1800-1890*, deel 6 (Zutphen 1995), 254-266; Ernst Homburg, 'Techniek in Nederland (TIN): de (voor)geschiedenis van een project', *Gewina* 18 (1995), 287-295; W.J. Wolff, 'Het project', *Gewina* 18 (1995), 296-299; Hans Buiters en Johan Schot, *TIN-20 impressies. Achter de schermen van een techniek-historisch project* (Eindhoven 2003) (het daarin vermelde 'beraad van Wassenaar' (p. 5) was echter niet in de zomer van 1988, maar in april 1990).
 - 17 Chris Boers, *Wetenschap, techniek en samenleving. Bouwstenen voor een kritische wetenschapstheorie* (Meppe! Amsterdam 1981), aldaar 82-83, 99, 122-124.
 - 18 Armin Hermann, *Wie die Wissenschaft ihre Unschuld verlor. Macht und Mißbrauch der Forscher* (Stuttgart 1982); Jonathan Slack, 'Class struggle among the molecules', in: Trevor Pateman (red.), *Counter Course: A Handbook for Course Criticism* (Harmondsworth 1972), 202-217. Vgl. André Leisewitz, 'Die Auswirkungen der Verwissenschaftlichung der Produktion auf die Monopolbildung und auf das Verhältnis von Ökonomie und Politik, am Beispiel der chemischen Industrie', *Das Argument* 14 (5/6) (Juni 1972), 444-508, in het Nederlands vertaald door onder meer Ivo Blanken, de huidige historicus van Philips: André Leisewitz, *Over de gevolgen van de verweten-*

- Industrial Research in the United States', in: Richard S. Rosenbloom en William J. Spencer (red.), *Engines of Innovation: U.S. Industrial Research at the End of an Era* (Boston 1996), 13-85; David C. Mowery en Nathan Rosenberg, *Paths of Innovation. Technological Change in 20th-Century America* (Cambridge 1998), 11-46.
- 33 N.V. *Nederlandse Gist- & Spiritusfabriek Delft. De ontwikkeling der onderneming in zestig jaren. 1870-1930* (Delft 1930), 52-53; B. Elerma, *Opkomst, evolutie en betekenis van research gedurende honderd jaren Gistfabriek* (Delft 1970), 4-34, 101-111; *128 Years of Gist-brocades. Harvesting the Invisible*, afdruk van power point-presentatie, 18/19 mei 1998. Zie ook: Bert Theunissen, 'Het nut van autonomie. Een andere kijk op M.W. Beijerinck's microbiologie', *Gewina* 17 (1994), 191-205; Pieter Bos en Bert Theunissen (red.), *Beijerinck and the Delft School of Microbiology* (Delft 1995). Vgl. G.P.J. Verbong en E. Homburg, 'Chemische kennis en de chemische industrie', in: Lintsen e.a. (red.), *Geschiedenis van de techniek in Nederland*, deel 5 (Zutphen 1994), 242-269; Baggen, Faber en Homburg, 'Techniek en kennis, 1890-1970', 157-159.
- 34 Jules H. Schweppe (red.), *Research aan het IJ: LBPMA 1914 - KSLA 1989. De geschiedenis van het 'Lab Amsterdam'* (Amsterdam 1989); Ernst Homburg, Arie Rip en James Small, 'Chemici, hun kennis en de industrie', in: Schot e.a. (red.), *Techniek in Nederland*, deel 2 (Zutphen 2000), 298-315, aldaar 299-305.
- 35 H.B.G. Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid. een halve eeuw natuurkunde* (Amsterdam 1983), 260-340; A. Heerding, *Een onderneming van vele markten thuis* (Leiden 1986), 384-393; Ivo J.M.N. Blanken, *Geschiedenis van Philips Electronics N.V.: De ontwikkeling van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken tot elektrotechnisch concern* (Leiden 1992), 210-217; F.K. Boersma, *Inventing Structures for Industrial Research: A History of the Philips NatLab 1914-1946*, proefschrift TU Eindhoven, 25 maart 2002 (Amsterdam 2002), met name 37, 39, 185-198; Marc J. de Vries, *80 Years of Research at the Philips Natuurkundig Laboratorium (1914-1994): The Role of the Nat.Lab. at Philips*. Interne publicatie Stichting Historie der Techniek (Eindhoven 2002), met name 45-50 (zal als boek verschijnen bij Cambridge University Press, 2004); Kees Boersma en Marc de Vries, 'De veranderende rol van het Natuurkundig Laboratorium in het Philipsconcern gedurende de periode 1914-1994', *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 66 (2003), 287-313, aldaar 292-300.
- 36 Ingrid Vledder, Eddy Houwaart en Ernst Homburg, 'Particuliere laboratoria in Nederland. deel 1: Opkomst en bloei, 1865-1914', *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 62 (1999), 249-290, m.n. 253-270. Zie ook: Ingrid Vledder, Ernst Homburg en Eddy Houwaart, 'Particuliere laboratoria in Nederland. deel 2: Achteruitgang, consolidatie, transformatie, 1914-1950', *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 63 (2000), 104-142.
- 37 Ernst Homburg, 'De Eerste Wereldoorlog: samenwerking en concentratie binnen de Nederlandse chemische industrie', in: Schot e.a. (red.), *Techniek in Nederland*, deel 2, 316-331; Homburg, Rip en Small, 'Chemici, hun kennis en de industrie', 313-315; *75 Jaar Vondelingenplaat* (Rotterdam 1976); *Levend verleden: 100 jaar Fabriek van Chemische Producten* (Rotterdam 2001); *25 jaar*

- Stikstofbindingsindustrie 'Nederland' N.V.* (Dordrecht 1946); Archief Shell, Den Haag: personeels dossier A.F.A. Reijnhart; *Veertig jaar DRAKA. Geschiedenis van de N.V. Hollandsche Draad- en Kabelfabriek Amsterdam, 1910-1950* (Amsterdam 1950), 19-25.
- 38 Over Jurgens, zie biografieën van Chr. van Loon en R.T. Alting Mees, en Unilever, Historisch Archief, Rotterdam, HIS 126-1122.49: correspondentie over octrooi-aanvraag van P. Dujardin, i.v.m. regeneratie van nikkel-katalysator, 1917-1918, en *idem*, DIR 9-162.3: briefwisseling tussen dr. C. van Loon, NV Mij. Expl. Vereenigde Oliefabrieken, Zwijndrecht en prof. dr. J. Böeseken, mrt.-nov. 1938). Over Noury, zie: C.M. Hogenstijn, *Van rosmolen tot chemische specialiteiten. De geschiedenis van Noury & Van der Lande en de beide betrokken families* (Deventer 1998), 169-177; Jasper Faber, 'Wetenschappelijke kennisverwerving en diversificatie: Noury & van der Lande, 1900-1965', *Scientiarum Historia* 26 (2000), 217-230, aldaar 218; Faber, *Kennisverwerving*, 200-209. Over Van den Bergh, zie biografieën S.H. Bertram en J.P.K. van der Steur, en Unilever, Historisch Archief, Rotterdam: HIS 5-0129: Protokoll über die 6. Chemikertagung im Van den Bergh-Konzern am 18. Dezember 1925 in Rotterdam. Over ENKA/AKU, zie: 'In memoriam Ir. G.A.M. Heim', *Chemisch Weekblad* 41 (1945), 57-58; AKU-Research. *De N.V. Onderzoekingsinstituut 'Research' van de Algemene Kunstzijde Unie N.V.* (Arnhem 1961); D. Vermaas (red.), *Research bij AKU* (Arnhem 1968); Max Dendermonde, *Nieuwe tijden, nieuwe schakels. De eerste vijftig jaren van de A.K.U.* (Wormerveer 1961), 56-57; Bas Klaverstijn, *Samentwijnen. Via fusie naar integratie* (Arnhem 1986), 55. Over Staatsmijnen, zie: E. van Royen, 'Steenkoleneredeling en industriële research bij Staatsmijnen', in: H.W. Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof. Zestig jaar DSM Research 1940-2000* (Zutphen 2000), 12-29, aldaar 21-22.
- 39 Tabel 1 is gebaseerd op vele bronnen, waaronder gedenkboeken van de betrokken bedrijven en biografieën van de genoemde hoogleraren. Voor samenvattende karakterisering, zie o.a.: *Chemisch Weekblad* 36 (1939), 446-450; J.H. de Jongh [= D. Dresden. De oorlogseditie, geschreven door de ondergedoken Dresden, werd door een vriend uitgegeven], *Van kaninefaat tot duizendkunstenaar* (Den Haag 1941) (2e druk: 1945), 245-249; B.M. Sweers, 'Toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek ten behoeve van de Nederlandsche nijverheid', *Economisch-Statistische Berichten*, 18 juni 1941, 378-381; H. Koopmans, *Vijftig jaar scheikundige nijverheid in Nederland* (Delft 1967), 44; Bloemen, 'Bezieling en "esprit d'équipe"'.
- 40 Unilever, Historisch Archief, Rotterdam, HIS 66-0656 656: dossier Steger. Zie ook: E. Homburg, 'Wederwaardigheden van een katholiek scheikundige', in: G. Alberts en R. van Dael (red.), *Informatica & Samenleving: Netwerken met M.a.r.c.* (Amsterdam 2000), 16-18. Over het laboratorium Zwijndrecht: biografieën H.G. Drex en H.A. Boekenoogen, en Unilever, Historisch Archief, Rotterdam, SEC 37-843.1: H.A. Boekenoogen, 'Unilever Research Laboratorium' (Zwijndrecht). Opzet en werkzaamheden', oktober 1948; R.J. Taylor, *A Concise History of Unilever Research in Western Europe*, intern rapport Unilever, december 1967, 5-6, 13-15; J. Boldingh, 'Een jongensdroom kwam tot leven', in:

- Industrial Research in the United States', in: Richard S. Rosenbloom en William J. Spencer (red.), *Engines of Innovation: U.S. Industrial Research at the End of an Era* (Boston 1996), 13-85; David C. Mowery en Nathan Rosenberg, *Paths of Innovation. Technological Change in 20th-Century America* (Cambridge 1998), 11-46.
- 33 N.V. *Nederlandsche Gist- & Spiritusfabriek Delft. De ontwikkeling der onderneming in zestig jaren. 1870-1930* (Delft 1930), 52-53; B. Elema, *Opkomst, evolutie en betekenis van research gedurende honderd jaren Gistfabriek* (Delft 1970), 4-34, 101-111; 128 *Years of Gist-brocades. Harvesting the Invisible*, afdruk van power point-presentatie, 18/19 mei 1998. Zie ook: Bert Theunissen, 'Het nut van autonomie. Een andere kijk op M.W. Beijerinck's microbiologie', *Gewina* 17 (1994), 191-205; Pieter Bos en Bert Theunissen (red.), *Beijerinck and the Delft School of Microbiology* (Delft 1995). Vgl. G.P.J. Verbong en E. Homburg, 'Chemische kennis en de chemische industrie', in: Lintsen e.a. (red.), *Geschiedenis van de techniek in Nederland*, deel 5 (Zutphen 1994), 242-269; Baggen, Faber en Homburg, 'Techniek en kennis, 1890-1970', 157-159.
- 34 Jules H. Schweppe (red.), *Research aan het II: LBPMA 1914 - KSLA 1989. De geschiedenis van het 'Lab Amsterdam'* (Amsterdam 1989); Ernst Homburg, Arie Rip en James Small, 'Chemici, hun kennis en de industrie', in: Schot e.a. (red.), *Techniek in Nederland*, deel 2 (Zutphen 2000), 298-315, aldaar 299-305.
- 35 H.B.G. Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid. een halve eeuw natuurkunde* (Amsterdam 1983), 260-340; A. Heerding, *Een onderneming van vele markten thuis* (Leiden 1986), 384-393; Ivo J.M.N. Blanken, *Geschiedenis van Philips Electronics N.V.: De ontwikkeling van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken tot elektrotechnisch concern* (Leiden 1992), 210-217; F.K. Boersma, *Inventing Structures for Industrial Research: A History of the Philips NatLab 1914-1946*, proefschrift TU Eindhoven, 25 maart 2002 (Amsterdam 2002), met name 37, 39, 185-198; Marc J. de Vries, *80 Years of Research at the Philips Natuurkundig Laboratorium (1914-1994): The Role of the Nat. Lab. at Philips*. Interne publicatie Stichting Historie der Techniek (Eindhoven 2002), met name 45-50 (zal als boek verschijnen bij Cambridge University Press, 2004); Kees Boersma en Marc de Vries, 'De veranderende rol van het Natuurkundig Laboratorium in het Philipsconcern gedurende de periode 1914-1994', *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 66 (2003), 287-313, aldaar 292-300.
- 36 Ingrid Vledder, Eddy Houwaart en Ernst Homburg, 'Particuliere laboratoria in Nederland. deel 1: Opkomst en bloei, 1865-1914', *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 62 (1999), 249-290, m.n. 253-270. Zie ook: Ingrid Vledder, Ernst Homburg en Eddy Houwaart, 'Particuliere laboratoria in Nederland. deel 2: Achteruitgang, consolidatie, transformatie, 1914-1950', *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 63 (2000), 104-142.
- 37 Ernst Homburg, 'De Eerste Wereldoorlog: samenwerking en concentratie binnen de Nederlandse chemische industrie', in: Schot e.a. (red.), *Techniek in Nederland*, deel 2, 316-331; Homburg, Rip en Small, 'Chemici, hun kennis en de industrie', 313-315; 75 *Jaar Vondelingenplaat* (Rotterdam 1976); *Levend verleden: 100 jaar Fabriek van Chemische Producten* (Rotterdam 2001); 25 *jaar*

- Stikstofbindingsindustrie 'Nederland' N.V.* (Dordrecht 1946); Archief Shell, Den Haag: personeels dossier A.F.A. Reijnhart; *Veertig jaar DRAKA. Geschiedenis van de N.V. Hollandsche Draad- en Kabelfabriek Amsterdam, 1910-1950* (Amsterdam 1950), 19-25.
- 38 Over Jurgens, zie biografieën van Chr. van Loon en R.T. Alting Mees, en Unilever, Historisch Archief, Rotterdam, HIS 126-1122.49: correspondentie over octrooi-aanvraag van P. Dujardin, i.v.m. regeneratie van nikkel-katalysator, 1917-1918, en *idem*, DIR 9-162.3: briefwisseling tussen dr. C. van Loon, NV Mij. Expl. Vereenigde Oliefabrieken, Zwijndrecht en prof. dr. J. Böeseken, mrt.-nov. 1938). Over Noury, zie: C.M. Hogenstijn, *Van rosmolen tot chemische specialiteiten. De geschiedenis van Noury & Van der Lande en de beide betrokken families* (Deventer 1998), 169-177; Jasper Faber, 'Wetenschappelijke kennisverwerving en diversificatie: Noury & van der Lande, 1900-1965', *Scientiarum Historia* 26 (2000), 217-230, aldaar 218; Faber, *Kennisverwerving*, 200-209. Over Van den Bergh, zie biografieën S.H. Bertram en J.P.K. van der Steur, en Unilever, Historisch Archief, Rotterdam: HIS 5-0129: Protokoll über die 6. Chemikertagung im Van den Bergh-Konzern am 18. Dezember 1925 in Rotterdam. Over ENKA/AKU, zie: 'In memoriam Ir. G.A.M. Heim', *Chemisch Weekblad* 41 (1945), 57-58; *AKU-Research. De N.V. Onderzoekingsinstituut 'Research' van de Algemene Kunstzijde Unie N.V.* (Arnhem 1961); D. Vermaas (red.), *Research bij AKU* (Arnhem 1968); Max Dendermonde, *Nieuwe tijden, nieuwe schakels. De eerste vijftig jaren van de A.K.U.* (Wormerveer 1961), 56-57; Bas Klaverstijn, *Samentwijnen. Via fusie naar integratie* (Arnhem 1986), 55. Over Staatsmijnen, zie: E. van Royen, 'Steenkoleneredeling en industriële research bij Staatsmijnen', in: H.W. Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof. Zestig jaar DSM Research 1940-2000* (Zutphen 2000), 12-29, aldaar 21-22.
- 39 Tabel 1 is gebaseerd op vele bronnen, waaronder gedenkboeken van de betrokken bedrijven en biografieën van de genoemde hoogleraren. Voor samenvattende karakterisering, zie o.a.: *Chemisch Weekblad* 36 (1939), 446-450; J.H. de Jongh [= D. Dresden. De oorlogseditie, geschreven door de ondergedoken Dresden, werd door een vriend uitgegeven], *Van kaninefaat tot duizendkunstenaar* (Den Haag 1941) (2e druk: 1945), 245-249; B.M. Smeers, 'Toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek ten behoeve van de Nederlandsche nijverheid', *Economisch-Statistische Berichten*, 18 juni 1941, 378-381; H. Koopmans, *Vijftig jaar scheikundige nijverheid in Nederland* (Delft 1967), 44; Bloemen, 'Bezieling en "esprit d'équipe"'.
 40 Unilever, Historisch Archief, Rotterdam, HIS 66-0656 656: dossier Steger. Zie ook: E. Homburg, 'Wederwaardigheden van een katholiek scheikundige', in: G. Alberts en R. van Dael (red.), *Informatica & Samenleving: Netwerken met M.a.t.c.* (Amsterdam 2000), 16-18. Over het laboratorium Zwijndrecht: biografieën H.G. Derx en H.A. Boekenoogen, en Unilever, Historisch Archief, Rotterdam, SEC 37-843.1: H.A. Boekenoogen, 'Unilever Research Laboratorium' (Zwijndrecht). Opzet en werkzaamheden', oktober 1948; R.J. Taylor, *A Concise History of Unilever Research in Western Europe*, intern rapport Unilever, december 1967, 5-6, 13-15; J. Boldingh, 'Een jongensdroom kwam tot leven', in:

- Werken aan scheikunde*, 265-291, aldaar 271-275. Er is weinig gepubliceerd over de geschiedenis van de research bij Unilever. Het interne rapport van Beek is tamelijk zwak wat betreft de geschiedschrijving van de periode vóór 1945. Zie: W.J. Beek, *History of Research and Engineering at Unilever 1911-1986* (Vlaardingen, augustus 1996).
- 41 Schweppe (red.), *Research aan het II*, 29-32, 75, 80-82; De Vries, *80 Years of Research*, 41-42, 44.
 - 42 Blanken, *Geschiedenis van Philips Electronics N.V.*, 213-217; De Vries, *80 Years of Research*, 41-44.
 - 43 Hogenstijn, *Van rosmolen tot chemische specialiteiten*, 170, 178; Faber, 'Wetenschappelijke kennisverwerving', 218; Faber, *Kennisverwerving*, 209-210.
 - 44 Ernst Homburg, James Small en Piet Vincken, 'Van carbo- naar petrochemie, 1910-1940', in: Schot e.a. (red.), *Techniek in Nederland*, deel 2, 332-357, aldaar 351-351; Schweppe (red.), *Research aan het II*, 49-52, 60-62; Archief Shell, Den Haag, inv. no. 190D, nr. 893: personeelsdossier A.J. van Peski.
 - 45 Schweppe (red.), *Research aan het II*, 33, 47, 52, 75; Boersma, *Inventing Structures for Industrial Research*, 223; 147-149; De Vries, *80 Years of Research*, 10, 44; '50 jaar Arla', *De Spindop* (30 jan. 1976), 5; Klaverstijn, *Samentwijnen*, 55.
 - 46 Schweppe (red.), *Research aan het II*, 47, 79-82, 95; Boersma, *Inventing Structures for Industrial Research*, 224; 147-149; De Vries, *80 Years of Research*, 10, 44; C.G.D. Maarschalk, *The Role of Patents in Technological Progress with Special Attention to Patent Activity in the Netherlands*, proefschrift NEH Rotterdam, 18 maart 1948, 37-38; Bloemen, 'Bezieling', 156. Jan Luiten van Zanden heeft Bloemen slordig gelezen en stelt ten onrechte dat de Grote Vijf in de jaren dertig tezamen vijftig procent van de industriële R&D voor hun rekening namen. Zie: J.L. van Zanden, *Een klein land in de 20e eeuw. Economische geschiedenis van Nederland 1914-1995* (Utrecht 1997), 63.
 - 47 Klaverstijn, *Samentwijnen*, 55; Elema, *Opkomst, evolutie en betekenis van research*, 103; Unilever, Historisch Archief, Rotterdam, DIR 9-1673: Personeelsbezetting NV Maatschappij tot Exploitatie der Vereenigde Oliefabrieken Zwijndrecht, op 2 januari en 1 december 1937. Staatsmijnen, zie noot 48.
 - 48 Rijksarchief Limburg, Maastricht (hierna RAL): archief DSM 17.26/ 34, inv. 664: 'Tegenwoordige personeelssterkte der Staatsmijnenlaboratoria (1 Januari 1938)'; 17.26/ 36A, inv. 1: G. Berkhoff, 'Enkele gegevens betreffende de werkzaamheden in het Centraal Laboratorium gedurende het jaar 1941'; 'Dertig jaar Centraal Proefstation', *Staatsmijnen '59* (nov. 1959), 4-19. Over het laboratorium van het Stikstofbindingsbedrijf als 'kraamkamer' van de research bij Staatsmijnen, zie: Arjan van Rooij, 'Aangekochte technologie en industriële research bij het Stikstofbindingsbedrijf van Staatsmijnen in de jaren 1930', *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* 66 (2003), 263-286; Baggen, Faber en Homburg, 'Techniek en kennis, 1890-1970', 156-157.
 - 49 D.C. Mowery, *The Emergence and Growth of Industrial Research in American Manufacturing, 1899-1945*, proefschrift Stanford University 1981; David C. Mowery en Nathan Rosenberg, *Technology and the Pursuit of Economic*

- Growth* (Cambridge/ New York 1989), 61-74; Hounshell, 'The Evolution of Industrial Research', 36.
- 50 RAL, archief DSM: 17.26/ 36A, inv. 1: F. van Iterson, 'Aantekeningen betreffende research-laboratoria', 22 juni, 23 juni, 8 juli, 18 juli, 7 augustus en 3 november 1936. Vgl. Van Royen, 'Steenkolonveredeling en industriële research', 22-23.
- 51 F.A. Möller, *Veertig jaar zwelstijfselfabricage bij 'Scholten's Chemische' en wat eraan vooraf ging* (Foxhol 1962), 43-46, 52-56, 63, 75-76.
- 52 J.H. van der Steen, *200 jaar Sikkens* (Sassenheim 1991), 21-32, 41; C.P.A. Kappelmeier, *Moderne lakverven: Bereiding, eigenschappen en verwerking* (1945), 85-90; Mark Pier, *De som van het verleden: 'De geschiedenis van een verfbedrijf'* (Sigma Coatings: Uithoorn 1997), 9; R.M. Sprenger, 'Ten behoeve van de gezondheid van mens, dier en plant'. *De geschiedenis van Duphar 1930-1980* (Solvay Duphar: Weesp 1992), 26-29, 43-46, 50, 52-53, 56; 'Dr. A.G. de Boer', *Chemisch Weekblad* 36 (1939), 111; 'Geschiedenis der N.V. Amsterdamsche Chininefabriek 1881-1940', typoscript, Amsterdam 1940, in bezit van de auteur, 40-42; Marius Tausk, *Organon: De geschiedenis van een bijzondere Nederlandse onderneming* (Nijmegen 1978), 151-156, 251, 338, 399.
- 53 'Polak, Dr. James Joseph', in: *Persoonlijkheden in het Koninkrijk der Nederlanden in woord en beeld* (Amsterdam 1938), 1164-1165; *AKU-Research*; Dendermonde, *Nieuwe tijden, nieuwe schakels*, 56-57; Archief Akzo-Nobel, Arnhem: notulen der vergaderingen van de Raad van Bestuur en van Aandeelhouders van de N.V. Research, 28 februari 1934 t/m 5 april 1956.
- 54 Archief Shell, inv. no. 190D, nr. 838: personeelsdossier J.W.H. Uytenbogaart; *Chemisch Weekblad* 38 (1941), 226; *Olie* 3 (maart 1950); *Olie* 4 (1950/51), 206; *Olie* (juni 1957).
- 55 Andere voorbeelden zijn de overstap van D.W. van Krevelen van Staatsmijnen naar AKU, in 1959, en die van D.A. van Dorp van Organon naar Unilever, eveneens in 1959.
- 56 Homburg, Rip en Small, 'Chemici, hun kennis en de industrie', 308-313; Baggen, Faber en Homburg, 'Techniek en kennis, 1890-1970', 160-164; Bert Theunissen en Frans van Lunteren (red.), 'Zuivere wetenschap en praktisch nut. Visies op de maatschappelijke betekenis van wetenschappelijk onderzoek rond 1900', *Gewina* 17 (1994), 141-205; H.G. Heijmans, *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940*, proefschrift Universiteit Utrecht, 1994 (Rotterdam 1994); G.J. Somsen, 'Wetenschappelijk onderzoek en algemeen belang'. *De chemie van H.R. Kruyt (1882-1959)*, proefschrift Universiteit Utrecht, 27 april 1998; Peter Jan Knegtmans, 'Onderwijs, wetenschap en particulier initiatief aan de Universiteit van Amsterdam', in: P.J. Knegtmans en A.J. Kox (red.), *Tot nut en eer van de stad. Wetenschappelijk onderzoek aan de Universiteit van Amsterdam* (Amsterdam 2000), 79-105; F.H. van Lunteren, 'Uit de ivoren toren: Nederlandse natuurwetenschappers in het interbellum', inaugurele rede Vrije Universiteit, Amsterdam, 5 juni 2003.
- 57 [C.J. van Nieuwenburg, e.a.], *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*

- Hoogeschool te Delft (Delft 1959); H.I. Waterman, 'Ontwikkeling van de chemische industrie en het chemisch onderzoek', *Chemisch Weekblad* 55 (1959), 309; 'In memoriam Professor Dr. H.I. Waterman, 28 april 1889-3 februari 1961', *Chemische Weekblad* 57 (1961), 89-90; Archief Shell, inv. nr. 49, no. 736: dossier Waterman; Rijksarchief in Zuid-Holland: De Archieven van de Technische Hogeschool te Delft, inv. nr. 939: 'Stukken betreffende een verzoek van professor Waterman, hoogleraar chemische technologie, om zijn uitvinding op het gebied van de chemie aan de Imperial Chemical Industries over te dragen, 1934-1935'. Met dank aan James Small.
- 58 Het idee om op kosten van de industrie 'nijverheidslaboranten' te laten werken in de laboratoria van de TH Delft ontstond vlak voor de Eerste Wereldoorlog, naar Amerikaans voorbeeld: Jasper Faber, 'C.J. van Nieuwenburg over organisatie van wetenschappelijk-technisch werk', *Gewina* 21 (1998), 15-29, aldaar 22-24; G. de Clercq, 'Techniek en universiteit', *Chemisch Weekblad* 13 (1916), 1034-1041. Zie voorts: K.E. Sluyterman, 'Uitvinden en verdienen. De basis van de Océ kopieer-activiteiten geanalyseerd, 1918-1956', in: H.F.J.M. van den Eerenbeemt (red.), *Van boterkleursel naar kopieersystemen. De ontstaansgeschiedenis van Océ-van der Grinten, 1877-1956* (Leiden 1992), 171-264, aldaar 191, 205-206; Hogenstijn, *Van rosmolen tot chemische specialiteiten*, 167-168, 201-202; Archief Shell, inv.nr. 190A, no. 71: 'N.V. Fabriek van Chemische Producten, 1901, 16 februari - 1951. "Vondelingenplaat 50 jaar"', typoscript, 9.
- 59 Tausk, *Organon*, 11-156; Nelly Oudshoorn, *Beyond the Natural Body. An Archeology of Sex Hormones* (Londen en New York 1994), 65-111; Jeroen Verhoog, *75 jaar Organon, 1923-1998* (Noordwijk 1998), 17-41; Nelly Oudshoorn, 'Laqueur en Organon. Het universitaire laboratorium en de farmaceutische industrie in Nederland', *Gewina* 22 (1999), 12-22; Kneegtman, 'Onderwijs, wetenschap en particulier initiatief', 90-94.
- 60 [D.A. van Wittop Koning, e.a.], *N.V. Koninklijke Pharmaceutische Fabrieken v/h Brocades-Stheeman & Pharmacia 1800-1950* (Amsterdam 1950), 46-51; 'Het nieuwe researchlaboratorium van Brocades', *Chemisch Weekblad* 55 (1959), 9-12; [Ilse van Goozen], *Van plattelandsapotheek tot Europees bedrijf. Hoe Brocades Yamanouchi werd. Een beknopte bedrijfs-geschiedenis van 1798 tot 1995* (Leiderdorp 1995), 26-36. Over de geschiedenis van het in 1918 geopende bedrijfslaboratorium van Brocades in Meppel, waar slechts op bescheiden schaal research werd verricht, zie ook: Tony de Ridder, *N.V. Kon. Pharmaceutische Fabriek voorh. Brocades & Stheeman, Meppel* (Amsterdam 1918), 12, 16; Thijs Rinsema, 'Brocades & Stheeman. Van apotheker-fabrikant tot farmaceutische industrie', *Gewina* 22 (1999), 23-33; Thijs Jan Rinsema, *De natuur voorbij. Het begin van de productie van synthetische geneesmiddelen*, proefschrift Universiteit Leiden, 14 september 2000, 339-402.
- 61 'Bakhuis Roozeboom-Herdenkingssymposium', *Chemisch Weekblad* 51 (1955), 400-442; Van Rooij, 'Aangekochte technologie', 274-278; Judith Schotman, 'Fasenleer: fundament van de procesindustrie', *Chemisch Weekblad* (16 okt. 1980), 456; Geert J. Somsen, 'Faith and the phase rule: H.W. Bakhuis Roozeboom's Calvinist chemistry and its place in Dutch professional research

- ca. 1900'; interne paper, Faculteit Cultuurwetenschappen, Maastricht 2003; M.H.R.J. Plusjé, *Fysisch-chemische onderzoeken over het ontsluiten van ruw fosfaat met salpeterzuur*, proefschrift TH Delft, 22 mei 1946; P.J.C. Kaasenbrood, 'The urea stripping process. The technical manufacture of urea, with carbon dioxide used both as reactant and as stripping gas', in: *Proceedings of the Fourth European Symposium on Chemical Reaction Engineering, Brussels, 9-11 September 1968* (Oxford 1971), 317-328; 'Een kapitale uitvinding die het meestverkochte Stamicarbonproces opleverde. Tien jaar geleden zette DSM de eerste ureumstripfabriek ter wereld neer', *DSM Magazine* nr. 20 (juli 1977), 18-22. Vgl. Carsten Reinhardt, 'Basic Research in Industry: Two Case Studies at IG Farbenindustrie AG in the 1920s and 1930s', in: Travis, Schröter, Homburg en Morris (red.), *Determinants in the Evolution of the European Chemical Industry*, 67-85, aldaar 85.
- 62 Boersma, *Inventing Structures for Industrial Research*, 147-149.
- 63 Vgl. Frans van Steijn, *The University in Society. A Study of Part-time Professors in the Netherlands*, proefschrift Universiteit van Amsterdam, 15 juni 1990.
- 64 Ernst Homburg en Lodewijk Palm (red.), *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 3: De ontwikkeling van de chemie van 1945 tot het begin van de jaren tachtig* (Delftse Universitaire Pers, te verschijnen).
- 65 De gepresenteerde getallen zijn 'full time equivalenten' (fte's), omdat onderzoekers die bijvoorbeeld een deel van hun carrière bij Philips en een ander deel aan de universiteit Utrecht werkten, bij beide instellingen slechts voor 0,5 zijn geteld. Het totale aantal 'toponderzoekers' uit deze populatie van 147 personen dat ooit werkte bij Shell is 24, bij Philips 13, bij Akzo en haar voorlopers (AKU, Organon, Noury) 12 en bij DSM (excl. Gist) 10 (en bij Unilever 3). De cijfers van Gist en DSM zijn niet bij elkaar opgeteld, omdat de fusie tussen beide bedrijven ná de hier onderzochte periode (1945-1995) plaatsvond.
- 66 Henk van den Belt en Arie Rip, 'The Nelson-Winter-Dosi model and synthetic dye chemistry', in: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes en Trevor J. Pinch, *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (Cambridge, MA 1987), 135-158, aldaar 154-155.
- 67 Vgl. Arie Rip, 'De gans met gouden eieren en andere maatschappelijke legitimaties van de moderne wetenschap', *De Gids* 145 (1982), 285-297; G. Pascal Zachary, *Endless frontier: Vannevar Bush, Engineer of the American Century* (Cambridge, MA 1999).
- 68 T.J. Twijnstra, 'Openingswoord', in: *Redevoeringen, uitgesproken tijdens het Research-Congres (...) gehouden op 16 en 17 oktober 1947* (z.p., z.j.), 1-3; G. Holst, 'Noodzaak en betekenis der research', in: *idem*, 7-13, aldaar 12.
- 69 G. Wise, 'A new role for professional scientists in industry: Industrial research at General Electric, 1900-1916', *Technology and Culture* 21 (1980), 408-429; L. Hoddeson, 'The emergence of basic research in the Bell Telephone System, 1875-1915', *Technology and Culture* 22 (1981), 512-544; Wise, Willis R. Witney; Hughes, *American Genesis*, 159-183; Hounshell, 'The Evolution of Industrial Research', 34-41, 45; Albert Rosenberg, *The Quintessence of Irving Langmuir* (Oxford 1966).
- 70 John K. Smith en David A. Hounshell, 'Wallace H. Carothers and fundamental

- research at Du Pont', *Science* 229 (1985), 436-442; David A. Hounshell en John Kenly Smith jr., *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902-1980* (Cambridge 1988), 223-248; Ulrich Marsch, 'Strategies for success: Research organization in German chemical companies and IG Farben until 1936', *History and Technology* 12 (1994), 23-77; Pilar Barrera, 'The evolution of corporate technological capabilities: Du Pont and IG Farben in comparative perspective', *Zeitschrift für Unternehmensgeschichte* 39 (1994), 31-45; Reinhardt, 'Basic research in industry'.
- 71 Paul Smith, 'Industrie gedwongen tot LAT-relatie', *ChemischWeekblad* (19 mei 2001), 6-7.
- 72 Holst, 'Noodzaak en betekenis der research', 11
- 73 Ook qua inventiviteit - gemeten althans in aantallen octrooien - liep Philips lange tijd vóór op de BPM, ondanks het feit dat dat laatste bedrijf een grote R&D-organisatie had. Zie: Maarschalk, *The Role of Patents in Technological Progress*, 27-28 en graph 16.
- 74 Holst, 'Noodzaak en betekenis der research', 11; Sprenger, 'Ten behoeve van de gezondheid for mens, dier en plant', 66, 85-87, 102-103; Boersma, *Inventing Structures for Industrial Research*, 172; De Vries, *80 Years of Research*, 40-41; M.P. Rappoldt, 'Van scheepjeswol naar vitamine D', in: Herman van Bekkum en Jan Reedijk (red.), *Chemie achter de dijken* (Amsterdam 2001), 32-33. Ivo Blanken - *Geschiedenis van Philips Electronics N.V.*, 333-337 - geeft mijns inziens geen juist beeld van het enthousiasme van Holst over deze ontdekking.
- 75 [A.J. Mountvala, m.m.v. G.W. Rathenau], 'Magnetic ferrites', in: [Herman Loellbach (red.)], *Technology in Retrospect And Critical Events in Science* (TRACES), (IIT Research Institute: Dec. 1968-Jan. 1969), deel 1, 28-40, deel 2, 9-24; J.Th.Overbeek en G.W. Rathenau, 'E.J.W. Verwey: Bij zijn aftreden als directeur van het Philips Natuurkundig Laboratorium', *Chemisch Weekblad* 63 (1967), 3-7; H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland 2: De ontwikkeling van chemie en chemische technologie, 1900-1950* (Delft 1997), 113-117, 176-180; De Vries, *80 Years of Research*, 36-40, 81-87; Boersma, *Inventing Structures for Industrial Research*, 54-57, 59, 135-137. Vgl. Blanken, *Geschiedenis van Philips Electronics N.V.*, 331-334; I.J. Blanken, *Een industriële wereldfederatie* (Zaltbommel 2002), 120-124.
- 76 Zie ook: G. Holst, 'Industrielaboratoria' (inaugurele rede), *Physica* 10 (1930), 3-46; Blanken, *Geschiedenis van Philips Electronics N.V.*, 210-213, 333-334.
- 77 A.E. van Arkel, 'Afscheidscollege als hoogleraar in de Anorganische Chemie te Leiden, 29 mei 1964', *Chemisch Weekblad* 60 (1964), 573-578; E.J.W. Verwey, 'A.E. van Arkel', *Chemisch Weekblad* 16 april 1976; E.J.W. Verwey, 'J.H. de Boer en de anorganische en fysische chemie', *Chemische Weekblad* 65 (27 juni 1969), 13-15.
- 78 Meyer-Thurow, 'The industrialisation of invention'; A. Kneteman, 'In memoriam Ir. H.C. Jacobsen', *Chemisch Weekblad* 48 (1952), 333-334; F.J. Tempel, 'Wetenschappelijk onderzoek bij Unilever', *Chemisch Weekblad* 53 (1957), 236-240; A.F.H. Blaauw, 'De organisatie van de research bij een groot concern', *Chemisch Weekblad* 61 (1965), 33-35; J. Boldingh, *Lipiden, wachters aan de poort*, inaugurele rede Rijksuniversiteit Utrecht, 7 febr. 1966 (ook in *Chemisch Weekblad*).

- 79 E.W. Gorter en F.C. Romeyn, 'A.E. van Arkel: On the occasion of his retirement from the chair of inorganic chemistry at Leyden University', *Chemisch Weekblad* 60 (1964), 298-308; Van Arkel, 'Afscheidscollege'; E.J.W. Verwey (en W.G. Burgers), 'Levensbericht van Anton Eduard van Arkel (19 november 1893-14 maart 1976)', *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Jaarboek 1976* (Amsterdam 1977), 184-192; Judith Schotman, 'Nederlands als katalysator van de katalyse. Prof. Schuit met emeritaat', *Chemisch Weekblad* (5 mrt. 1981); *Werken aan scheikunde. 24 memoires van hen die de Nederlandse chemie deze eeuw groot hebben gemaakt* (Delft 1993), 100, 174-176, 246-247, 295-298.
- 80 Taylor, *A Concise History of Unilever Research*, 10-12; Verwey, 'J.H. de Boer'; G.C.A. Schuit, 'J.H. de Boer en de heterogene katalyse', *Chemische Weekblad* 65 (27 juni 1969), 19-23; H.A.M. Snelders, 'Boer, Jan Hendrik de', in: J. Charité en A.J.C.M. Gabriëls (red.), *Biografisch Woordenboek van Nederland*, deel 4 ('s-Gravenhage 1994), 45-47. Daarnaast werkte Staatsmijnen met externe adviseurs. De eerste adviseurs waren A.M.J.F. Michels, 1942-1967, H.I. Waterman, 1950-1959? en F.L.J. Sixma, 1956-1959. Zie: Centraal Archief DSM, Heerlen: personeelsdossiers van A.M.J.F. Michels en F.L.J. Sixma, met name de brief van D.W. van Krevelen aan Directie Staatsmijnen, 29 februari 1956, in het dossier-Sixma.
- 81 J.J.F. Scholten (red.), *A Short History of the Dutch School of Catalysis* (Den Haag 1994), hierin met name: J.J. Steggerda, 'The Delft school of catalysis of J.H. de Boer (1946-1969)', 83-86; Jan W. van Spronsen, 'De Delftse school voor katalyse', *EChO* 7 (1998), 49-54.
- 82 G.F. te Roller, *Een halve eeuw Centraal Laboratorium. Een serie gesprekken met oud-researchdirecteuren van DSM*, intern rapport, Heerlen, maart 1990, 6.
- 83 Archief Akzo-Nobel: notulen der vergadering van de Raad van Bestuur van de N.V. Research, 15 dec. 1941; *AKU-Research*, 73-74; D. Vermaas, 'Bij het 25-jarig doctoraat van Dr. Ir. P.H. Hermans', *Chemisch Weekblad* 45 (1949), 181-183; G. Challa en D. Heikens, 'Bij het afscheid van Dr. Ir. P.H. Hermans', *Chemisch Weekblad* 59 (1963), 177-179; G. Challa, 'Veel meer polymeer', in: *Werken aan scheikunde*, 465-482, aldaar 466-468.
- 84 Vgl. ook het fundamentele werk van J. Verheus, F.J. Zuiderweg en H. Kramers bij de BPM gedurende de oorlog, dat van D.W. van Krevelen bij Staatsmijnen, en dat van H.B.G. Casimir bij Philips. Interviews E. Homburg en J.S. Small met H. Kramers, D.W. van Krevelen en F.J. Zuiderweg in 1997; Te Roller, *Een halve eeuw Centraal Laboratorium*, 4, 12-13; Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid*, 268-269, 276-277.
- 85 Interview E. Homburg en J.S. Small met Ir. E.E. van Aniel te Boekelo, 31 juli 1997 (de vader van Noor van Aniel, zie onder); *De Spindop* 8 (36) (22 aug. 1952), 5-6.
- 86 Schweppe (red.), *Research aan het II*, 91-117; interview E.E. van Aniel, 31 juli 1997; *AKU Nieuws*, no. 13 (26 juli 1945); *AKU Nieuws*, no. 16 (16 aug. 1945); Elema, *Opkomst, evolutie en betekenis van research*, 34-39; Quest International Nederland, Bedrijfsarchief, Naarden: W.A. van Dorp jr., 'Geschiedenis N.V. Chemische Fabriek "Naarden", 1905-1945' (aanwezig als manuscript en typescript), 43-44, 46; Th.J. van Kasteel, 'Ontstaan en groei van TNO', in: *Een kwart*

- eeuw TNO, 1932-1957 (Den Haag 1957), 1-39, aldaar 25-26; P.E. de Hen, *Actieve en re-actieve industriepolitiek in Nederland* (Amsterdam 1980), 251-252; H. Benninga, *A History of Lactic Acid Making: A Chapter in the History of Biotechnology* (Dordrecht 1990), 342-343, 349-350, 379, 395; Schotman, 'Nederland als katalysator'. Zie ook: Archief Shell: personeelsdossier J.W.H. Uytenbogaart; en Jan Al, *Research als overheidstaak*, proefschrift TH Delft, 9 juli 1952 (promotor J.W.H. Uytenbogaart).
- 87 Elema, *Opkomst, evolutie en betekenis van research*, 105-109, 114.
- 88 Boersma en De Vries, 'De veranderende rol van het Natuurkundig Laboratorium', 299; Boersma, *Inventing Structures for Industrial Research*, 69-73, 224; I.J. Blanken, *Onder Duits beheer* (Zaltbommel 1997), 265-266; Blanken, *Een industriële wereldfederatie*, 122-123; De Vries, *80 Years of Research*, 90-98; Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid*, 237-244, 268-269, 271, 276-277, 336-337; *Werken aan scheikunde*, 121-122, 177-179, 270-271; interview E. Homburg en J.S. Small met C. van Heerden, Maastricht, april 1997; interview E. Homburg en J.S. Small met J.M.L. Janssen, Enschede, 31 juli 1997.
- 89 Over de situatie in Amerika zie: Hounshell, 'The Evolution of Industrial Research', 42-50; Mowery and Rosenberg, *Paths of Innovation*, 38-46.
- 90 Boersma en De Vries, 'De veranderende rol van het Natuurkundig Laboratorium', 287; Edwin Kisman en Fridus Valkema, 'Toepasbaarheid is een strategisch doel voor het universitaire onderzoek. Philips' research coördinator Feije Meijer neemt afscheid', *Chemisch Weekblad* (19 juli 1997); Van Royen, 'Steenkolenveredeling en industriële research', 27; H. Lintsen, T. van Helvoort en P. Vincken, 'Intermezzo: Research en de opbouw van een chemisch concern', in: Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof*, 60-69.
- 91 Bibliotheek DSM Research, Geleen: 'Reis van Team Nr. 38Am van de Nederlandse Militaire Missie naar Ludwigshafen van 19-29 Juni 1947'. CL-rapp. 1795, d.d. sept. 1947 (ook in Algemeen Rijksarchief (ARA), Den Haag: 2.06.042, doos 88); RAL: archief DSM, 17.26/ 36A, inv. 99: 'Discussie colloquium 10 jan. 1948. (Discussie Rapport Ludwigshafen CL No. R. 1795)' (ook als bijlage bij CL 1795 in bibliotheek CL); Centraal Archief DSM, Heerlen: personeelsdossier H. de Bruijn. Vgl. Schweppe (red.), *Research aan het II*, 133-136, en Archief Shell, inv. nr. 190A/ nr. 179A/1: 'Minutes of Meeting held in London on May 1st, 1946', over o.a. de fundamentele research van de Groep in Amsterdam, Delft en Emeryville.
- 92 Te Roller, *Een halve eeuw Centraal Laboratorium*, 7, 15, 28, 30; Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof*, 25-29, 60-69, 88-89.
- 93 Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid*, 282; De Vries, *80 Years of Research*, 102-107, 122-125. Vgl. Blanken, *Een industriële wereldfederatie*, 123-153.
- 94 Archief Akzo-Nobel: notulen der vergadering van de Raad van Bestuur van de N.V. Research, 5 april 1956; Schweppe (red.), *Research aan het II*, 124-125, 134, 187, 209; Unilever Archief, HIS 239-1078: meeting Research Committee, Friday 26th August, 1955; *Unilever Research* (Rotterdam 1961), 9; Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof*, 26-27; Elema, *Opkomst, evolutie en betekenis van research*, 103;. Zie ook: H.R. Kruyt, 'Research in Nederland vóór vijftig jaar en nu', *Chemisch Weekblad* 49 (1953), 578-581; J.H. de Boer, 'De chemicus

- en zijn collega's', *Chemisch Weekblad* 51 (1955), 245-250; C.J.F. Böttcher, 'Natuurwetenschappelijk onderzoek in universitair en industrieel verband', *Chemisch Weekblad* 54 (1958), 215-218; J.H. de Boer, 'De situatie van de chemische research in Nederland', *Chemisch Weekblad* 54 (1958), 507-512; 'R & D bij de Grote Vijf: VWO-enquête bij Akzo, DSM, Phillips, Shell en Unilever', *Wetenschap & Samenleving* 74/4 (april 1974), 59-71.
- 95 Verhoog, *75 jaar Organon*, 79; Ernst Homburg, 'Organon', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 28-31; Sprenger, 'Ten behoeve van de gezondheid van mens, dier en plant', 66.
- 96 Blanken, *Een industriële wereldfederatie*, 147.
- 97 Schweppe (red.), *Research aan het U*, 134, 179-183, 187-188, 196-197, 209; 'Opening van het nieuwe gebouw van het Kon./Shell-laboratorium te Amsterdam', *Chemisch Weekblad* 49 (1953), 874-877. Vgl. [Shell Research BV], *Koninklijke/Shell-Laboratorium, Amsterdam* (Amsterdam 1976), 5, 18, 20; [Shell Internationale Research Maatschappij BV], *Shell Research* (Londen 1986), 19; [Shell Research BV], *Koninklijke/Shell-Laboratorium, Amsterdam* (Amsterdam 1987), 7.
- 98 'Eerste paal Researchlaboratorium Unilever N.V.', *Chemisch Weekblad* 49 (1953), 265; *Unilever Research Laboratorium Vlaardingen* (Vlaardingen, november 1956); 'Het nieuwe Unilever Research Laboratorium te Vlaardingen', *Chemisch Weekblad* 52 (1956), 839-844; F.J. Tempel, *Wetenschappelijk onderzoek bij Unilever. Rede gehouden in de algemene vergadering van aandeelhouders op 25 april 1957* (Rotterdam 1957) (ook in *Chemisch Weekblad*); 'Nieuw research laboratorium van Unilever', *Chemisch Weekblad* 59 (1963), B93; Blaauw, 'De organisatie van de research bij een groot concern'.
- 99 Vgl. [Commissie Roeterink], *Toekomstige behoefte aan ingenieurs en hun opleidingsmogelijkheid* (Utrecht, november 1948); Ph.J. Idenburg, *Mensen gevraagd!*, inaugurele rede Universiteit van Amsterdam, 1 oktober 1956; [Commissie Dalmulder], *De ontwikkeling van het aantal academici tot 1980: aanbod en behoefte* (Zeist 1959).
- 100 Voorbeelden zijn E.C. Kooyman, E.L. Mackor, C. MacLean.
- 101 [A.F.A. Reynhart], *De proeffabrieken voor fysische en chemische technologie van de Technische Hogeschool te Delft* (Den Haag 1951), 7-8; [A.F.A. Reynhart], *De modernisering van het Kamerlingh Onnes laboratorium der Rijksuniversiteit te Leiden* (Den Haag 1952); J.J. Broeze, 'Bij de officiële ingebruikstelling der nieuwe T.H. laboratoria', *Olie. Nederlands Maandblad voor het personeel van de Koninklijke/Shell Groep* 4 (6) (maart 1951); A.F. Kamp, *De Technische Hogeschool te Delft, 1905-1955* ('s-Gravenhage 1955), 114-116, 118, 120, 283. Archief, Shell, inv. no. 74: Hoger onderwijs (lab. Delft en Leiden, studiebeurzen).
- 102 H. Baudet, *De lange weg naar de Technische Universiteit Delft* (Den Haag 1992), deel 1, 461; Harrie E.A. van den Akker en Chris R. Kleijn, *Het gewicht van de Witte Olifant: 50 jaar Kramers Laboratorium voor Fysische Technologie, 1949-1999* (TU Delft: Delft 1999); interview E. Homburg en J.S. Small met H. Kramers, Rheden, 4 maart 1997; interview Gerard Alberts en Fons Alkemade met H. Kramers, 9 januari 1998.

- 103 Baudet, *De lange weg*, deel 2, 747-748; Pieter Caljé, 'Proximity without propinquity? De verschuivende relatie tussen de stad Delft en het polytechnisch onderwijs in de negentiende en twintigste eeuw', *Gewina* 24 (2001), 60-73, aldaar 69. Zie ook: Hugues C. Boekraad, Michel J. van Nieuwstadt, Ton Regtien en Henk Sips, *Universiteit en onderneming: een analyse van het rapport Maris* (Nijmegen 1968), 18-19.
- 104 [Stichting Scheikundig Onderzoek in Nederland], *Jaarverslag 1973* ('s-Gravenhage z.j. [1974]), 10-11; H.J. Vink, 'Dr. Evert Verwey overleden', *Chemisch Weekblad* (5 mrt. 1981), 79; H.J. Vink, 'Levensbericht van Evert Johannes Willem Verwey (30 april 1905-13 februari 1981)', *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Jaarboek 1981-1982* (Amsterdam 1982), 166-177, aldaar 175-177; Hilda Verwey-Jonker, 'Er moet een vrouw in'. *Herinneringen in een kentering van de tijd* (Amsterdam 1988), 104-129, aldaar 117-119, 126-128; E.H. Reerink, 'Meer research nodig', *Chemisch Weekblad* 63 (1967), 1-3. Voor de geschiedenis van SON, zie: [F.Th. Hesselink], 'Stichting Scheikundig Onderzoek in Nederland 1956-1998'in: [NWO-Gebied Chemische Wetenschappen], *Jaarboek 1999* (Den Haag 1999), 19-28.
- 105 G. Holst, *Het opstellen van een plan voor de Technische Hoogeschool*, rede TH Delft 30 oktober 1946; *Rapport betreffende een Technische Hogeschool in het industriële zuiden van Nederland* (Stichting Technisch Hoger Onderwijs in het Zuiden: z.p., z.j. [1948]); [Commissie Holst], *Rapport van de Commissie tot Herziening van het Technisch Hoger Onderwijs* (Delft 1948); *Rapport van de Tweede Commissie Holst* (Delft 1950).
- 106 Wim Hutter, 'Chemie, chemici en wetenschapsbeleid', in: Homburg en Palm (red.), *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 3* (te verschijnen). Zie voorts: [Commissie ontwikkeling natuurwetenschappelijk onderwijs], *Voorzieningen ten behoeve van research binnen de faculteiten der wis- en natuurkunde der Nederlandse universiteiten* ('s-Gravenhage 1958); 'De ontwikkeling van het natuurwetenschappelijk onderzoek', *Chemisch Weekblad* 56 (1960), 33-35.
- 107 J.H. van Santen, 'De wisselwerking tussen chemie, fysica en elektrotechniek bij het onderzoek van de vaste stof', *Chemisch Weekblad* 55 (1959), 273-276; Schotman, 'Nederland als katalysator'; Joan van der Waals en Kees Hilbers, 'Moleculen doorgond: kwantumchemie en spectroscopie', in: Homburg en Palm (red.), *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 3* (te verschijnen).
- 108 Emiel van Kreveld, Jacob de Swaan Arons, Peter van de Loo en Jaap Naber, 'Shell: research en besluitvorming', *Wetenschap & Samenleving* 74/4 (april 1974), 8-14; 'Structuur DSM wordt afgestemd op marktgerichte stijl van werken', *DSM Nieuws* 20 (13) (7 juni 1971), 1-5; Te Roller, *Een halve eeuw Centraal Laboratorium*, 20-21; H. Lintsen, J. Schueler en F. Veraart, 'Naar een heroriëntatie van de research, 1970-1985', in: Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof*, 82-103; De Vries, *80 Years of Research*, 194-197, 218; [Van Goozen], *Van plattelandspothek tot Europees bedrijf*, 39-40; Tausk, *Organon*, 398, 401-402; Verhoog, *75 jaar Organon*, 84; Sprenger, 'Ten behoeve van de gezondheid van mens, dier en plant', 85-87, 90-93, 102-103, 121.

- 109 *Speurwerk, sleutel voor de toekomst. Preadviezen uit te brengen op het Speurwerkcongres te Utrecht 4 maart 1965* (Haarlem 1965); 'Speurwerk, sleutel voor de toekomst', *Chemisch Weekblad* 61 (1965), 143-144. Vgl. D.W. van Krevelen, 'De betekenis van research voor de industriële onderneming', *Economisch Kwartaaloverzicht van de Amsterdam-Rotterdam Bank NV*, nr. 147 (maart 1965), 15-21 (ook gepubliceerd in *Intermediair*, in *De Spindop* 23 (1967), nr. 26, en in: D.W. van Krevelen, *In retrospect. Een keuze uit de voordrachten* (Amsterdam 1980), 101-111, 283); D.W. van Krevelen, 'De ontwikkeling van de procesindustrie. Aspecten van research en ontwikkeling', *Chemisch Weekblad* (1968) (24), 11-25.
- 110 Zie bijv. John R. Anchor, 'Managerial perceptions of research and development in the UK chemical industry', *Chemistry and Industry* 1985, 426-430, 459-464, 498-504; Daniel V. De Simone, *Technological Innovation: Its Environment and Management* (U.S. Department of Commerce: Washington, DC 1967); *Technological Innovation in Britain. Report of the Central Advisory Council for Science and Technology* (Londen 1968).
- 111 Kees Blase, 'Inkrimpelingen treffen vooral lager personeel. Personeelsgegevens van de laboratoria van de "Grote Vijf"', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 32-34. Zie ook: BLG Industriebond FNV-Arla, 'Van maatschappelijke relevantie tot behoud van werkgelegenheid', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 8-12; Bedrijfsledengroep Industriebond FNV, Koninklijke Shell Laboratorium Amsterdam, 'Research binnen Shell', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 13-19; Blase, 'Het Nat. Lab. in beweging'; Klaas Schutter, 'Reorganisaties binnen het Unilever laboratorium', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 25-27.
- 112 D.S. Davies, 'De toekomst van de research in de chemische industrie', *Chemisch Weekblad* (25 juni 1971), 9-14; Lucas Reijnders, *Wetenschapsbeleid in Nederland* (Baarn 1972), 32-48.
- 113 C.J.F. Böttcher, *Nationaal en internationaal wetenschapsbeleid* (Rotterdam 1973), 15 (ook verschenen in: *Nieuwe verhandelingen van het Bataafsche Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam*, derde reeks, deel 2 (6)).
- 114 [C.J.F. Böttcher], 'Meer geld nodig voor industriële research', *Chemisch Weekblad* (28 mrt. 1969), 13-15.
- 115 Archief Akzo-Nobel: notulen der vergaderingen van de Raad van Bestuur van de N.V. Research, 5 april 1956 en 17 juli 1956; Centraal Archief DSM: personeelsdossier F.J.L. Sixma, brief 22 februari 1963, met bijlage 'Commissies professor Sixma'. Begin 1963 waren lid: Troost van TNO (voorzitter), Slotboom van Shell, Verwey van Philips, Bredée en Levison van AKU, Van der Steur en Boekenoogen van Unilever, Sixma van Staatsmijnen en Berkhoff (ex-Staatsmijnen) van de TH Twente. Vgl. ook 'Organisatie van speurwerk', *Nieuwe Rotterdamse Coutant*, 3 december 1953.
- 116 Claude Oger (red.), *Monte Carlo 1965. General Report* (Paris 1967), en vele volgende EIRMA-rapporten.
- 117 Vgl. Hounshell, 'The Evolution of Industrial Research', 50-51, 57; David Edgerton, 'The linear model did not exist: reflections on the history and histo-

riography of research in industry in the twentieth century', in: K. Grandin (ed), *Science and Industry in the Twentieth Century*, (New York, te verschijnen).

H.B.G. Casimir, 'General address by the chairman of the conference', in: [EIRMA], *Monte Carlo 1965. Principal Conference Speeches. European/ North American Conference on Research Management* (Paris 1967), 9-15; C. van Heerden, 'Heeft de wetenschap grenzen?', in: Sarlemijn, *Tussen academie en industrie*, 147-152; H.B.G. Casimir, 'Wetenschapsontwikkeling, een spanningsveld tussen wens en werkelijkheid', in: Sarlemijn, *Tussen academie en industrie*, 181-189, aldaar 185-186; De Vries, *80 Years of Research*, 106-107. Vgl. Reijnders, *Wetenschapsbeleid*, 33-34. Voor de 'zuigkracht' van de biochemie, zie: Ton van Helvoort, *Biochemie tussen nut en cultuur. De 'triple helix' van de Nederlandse biowetenschappen* (z.p. 2002).

Chalmers W. Sherwin en Raymond S. Isenson, 'Project Hindsight: A Defense Department study of the utility of research', *Science* 156 (1967), 1571-1577;

[Loellbach (red.)], *Technology in Retrospect*, 2 delen (1968-1969); Karl Kreilkamp, 'Hindsight and the real world of science policy', *Science Studies* 1 (1971), 43-66; David C. Mowery en Nathan Rosenberg, 'The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies', *Research Policy* 8 (1979), 103-153, ook gepubliceerd in: Nathan Rosenberg, *Inside the Black Box: Technology and Economics* (Cambridge 1982), 193-241.

Over de invoering van matrix-organisaties, zie: C.H. Buitenhuis, *Organisatie van innovatie. Innovatie van organisatie. De matrix als stimulans voor vernieuwing*, proefschrift TH Eindhoven, 14 januari 1977 (case studies bij Philips); De Laat, *Een kwestie van vertrouwen*.

Vera Illés en Kees Caljé, *Goede raad is duur. Organisatie-adviseurs in Nederland* (Amsterdam 1986); Max Christern en Max Houben, 'De klanten van McKinsey zijn steeds slimmer', *NRC Handelsblad*, 4/5 oktober 2003, 14. Vgl. ook thema-nummer over 'Research management', *Chemisch Weekblad* (19 mrt. 1971); Anchor, 'Managerial perceptions of research and development', 429-430, 460-461.

H. Kramers, 'Filosofie van research management in een grote onderneming', *Chemisch Weekblad* (19 mrt. 1971), R6-R9; W.J. Beek, 'Industrieel onderzoek', *Chemisch Weekblad* (25 mei 1973), 20-22 en (1 juni 1973), 14-16; Centraal Archief DSM: Concernarchief - stukken betreffende research, 1976-1984: A.H. de Rooij, 'Discussienota. De exploratieve research bij DSM: samenvatting van de ontwikkelingen in de periode 1975/77 en richtlijnen voor de toekomst', Gelezen 4 oktober 1977; 'Extra inspanning voor exploratieve research ter bevordering van industriële innovatie', *DSM Magazine* (febr. 1979), 6-7. Wat betreft de aandacht voor 'innovatie', zie bijvoorbeeld: De Simone, *Technological Innovation* (1967); *Technological Innovation in Britain* (1968); Buitenhuis, *Organisatie van innovatie* (1977); [A.A.Th.M. van Trier], *Innovatie. Het overheidsbeleid inzake technologische vernieuwing in de Nederlandse samenleving*, Tweede Kamer der Staten-Generaal Zitting 1979-1980, nr. 15855 ('s Gravenhage 1979).

Peter Groenewegen, 'Reorganisatie en automatisering', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 49-53.

Shutter, 'Reorganisaties'; Loe C. ten Cate, *De sluiting van het Unilever*

- Research Laboratorium Duiven. Oorzaken en strategieën*, onderzoeksverslag bijvak Wetenschap & Samenleving, RU Groningen, augustus 1980.
- 126 H.J. Vink, 'Het wetenschapsbeleid van een grote onderneming', *Wetenschap & Samenleving* 5 (7) (sept. 1973), 174-179; De Vries, *80 Years of Research*, 200-242; Boersma en De Vries, 'De veranderende rol van het Natuurkundig Laboratorium', 306-310.
- 127 Voor een beschouwing over de Amerikaanse ontwikkeling gedurende het Reagan tijdperk, zie Hounshell, 'The Evolution of Industrial Research', 51-56; Mowery en Rosenberg, *Paths of Innovation*, 45-46. Voor de ontwikkelingen bij Philips tussen 1972 en 1994, zie: De Vries, *80 Years of Research*, 199-278; Boersma en De Vries, 'De veranderende rol van het Natuurkundig Laboratorium', 306-310; Jan Jacobs, 'Piet, waar zijn die gekken toch gebleven? De nieuwe non-conformisten van Philips' NatLab', *De Volkskrant* (21 april 1984); A.E. Pannenburg, 'Bedrijfskunde van laboratoria een academisch vak', *Chemisch Weekblad* (6 dec. 1984), 387; A.E. Pannenburg e.a., *Spanningsvelden tijdens technologische ontwikkelingen. Over relaties tussen research, bedrijfsfilosofie, markt en samenleving* (Eindhoven 1986).
- 128 Anchor, 'Managerial perceptions of research and development', 500-503; [Unilever], *Charts 1982-1992* (z.p., z.j.), 8; J. Nieuwenhuis, 'Lange-termijnonderzoek motor achter toekomstige producten', *Chemisch Weekblad* (19 nov. 1992), 384; [Unilever Research Laboratorium Vlaardingen], *Science for Worldwide Innovations* (Vlaardingen 1996).
- 129 'Nat.Lab. 75', *Chemisch Magazine* (mei 1989), 315-321, 324; Dick van Eijk, 'Op de werkvloer van het Natlab', *NRC Handelsblad* (27 febr. 1990); Bart Verspagen, 'Large firms and knowledge flows in the Dutch R&D system. A case study of Philips Electronics', interne paper TUE/ MERIT, UM, 1998; H.Lintsen en F. Veraart, 'De nieuwe bloei van de research, 1985-1990', in: Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof*, 104-115; E. Homburg, 'Epiloog: DSM Research op weg naar de 21ste eeuw', in: Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof*, 116-135; Alexander Duyndam en Fridus Valkema, 'Het idee dat je memo gelezen wordt. Emmo Meijer: DSM gaat research inspanning flink opvoeren', *Chemische2Weekblad* (16 mrt. 2002), 10-11; *VNCI Jaarverslag 1995* (Leidschendam 1996), 42 (vgl. *Chemisch Magazine*, juni 1996, 237); Henk Tolsma, 'Bedrijfs-R&D gaat gelijk op met de groei van de economie', *Technisch Weekblad* (2 aug. 2000), 11; Bert Minne en Marieke Rensman, 'De R&D-strategie van de Nederlandse chemische industrie', *Chemisch2Weekblad* 97 (2) (10 febr. 2001), 12-14; Bert Minne en Marieke Rensman, *R&D-strategie van de Nederlandse chemische industrie. Trends in de afgelopen tien jaar* (Den Haag 2001) (= CPB Memorandum IV/2001/3); Maarten Cornet en Marieke Rensman, *The Location of R&D in the Netherlands: Trends, Determinants and Policy* (= CPB document no. 14) (Den Haag 2001), m.n. 20-24; Herman Noordman, Jeanette Verbruggen en Bert Minne, *Half a Century of Dutch Manufacturing. Annual Reports 1950-2000* (= CPB document no. 37) (Den Haag 2003), 30. Voor recente cijfers, zie: www.cpb.nl/nl/general/org/afdelingen/ti/research.
- 130 Voorbeelden zijn de voormalige chemie-giganten Hoechst, ICI en Ciba-Geigy.

- Ook het Duitse Bayer zal worden opgesplitst. Akzo bracht haar vezelactiviteiten onder in de nieuwe onderneming Acordis. Vgl. Fred Aftalion, *A History of the International Chemical Industry. From the "Early Days" to 2000*, 2e druk (Philadelphia. 2001), 374-405; Minne en Rensman, *R&D-strategie van de Nederlandse chemische industrie*, 4-5.
- 131 Ondanks deze groeiende samenwerking zijn de contacten tussen universiteit en bedrijfsleven slechts goed voor ongeveer 20 procent van alle samenwerkingsverbanden op kennisgebied van Nederlandse ondernemingen. Samenwerking van bedrijven met leveranciers en afnemers heeft een veel groter aandeel. Zie: Marius T.H. Meeuws, *Innoveren en organiseren. Over het verklaren van (on-)verenigbare grootheden*, inaugurele rede Universiteit Utrecht, 9 mei 2003, 7-8, 12-13.
- 132 Henk Bodewitz, 'De opkomst van het academisch-industrieel kompleks', *Wetenschap & Samenleving* 1983/2 (febr. 1983), 33-39; Henk Bodewitz, 'De veranderende relatie tussen universitair en industrieel onderzoek. De situatie in de VS en haar invloed op Nederland', *Wetenschap & Samenleving* 85/9 (nov. 1985), 4-12; E. de Boer (red.), *Chemie in het zilver. Hoe halen we het goud? Universitaire chemie in de jaren negentig. 25 jaar Sectie Scheikunde, Katholieke Universiteit Nijmegen, 1962-1987. Verslag Jubileumsymposium 1 oktober 1987* (Nijmegen z.j. [1988]), met o.a. bijdragen van J.L.K.F. de Vries (Shell), D.J. Venderbos (DSM), F. Meijer (Phillips), J.C.P. Broekhoff (Unilever) en K. Wiedhaup (Organon/Akzo) over het thema 'universiteit en industrie'. Voorts o.a.: Marcel Crok, 'Publiek debat nodig over chemiestudie', *Chemisch Weekblad* (19 okt. 1996), 6-7; Jos de Kooyker, 'Samenwerking is de kracht van Nederlands onderzoek. Prof. Geus zet contractonderzoek voort na emeritaat', *Chemisch Weekblad* (23 mei 1998), 3; Krijn de Jong, 'Universiteit moet geen bedrijfje spelen', *Chemisch Weekblad* (8 mei 1999), 4.
- 133 M.A. van Damme-van Weele, 'Verwachtingen vanuit het bedrijfsleven aangaande het overheids-onderzoeksbeleid'. *Voordracht gehouden op 21 augustus 1980 tijdens het Zomercongres 1980 van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging* (Akzo Speakers Series 80/1: Arnhem 1980); 'Researchdoelen: noodzaak en uitdaging', *Chemisch Weekblad* (4 dec. 1980), 526-527; J. Schuijjer, 'Elf miljoen nodig voor polymeren', *Chemisch Weekblad* (24 dec. 1987), 505; 'Nederlandse R&D kalft af', *Chemisch Weekblad* (22 sept. 1988), 389; [Frans van Steijn], 'Universitair onderzoek als mogelijke basis voor industriële R&D', *Chemisch Weekblad* (25 december 1993), 6-8; Verhoog, *75 jaar Organon*, 100-101.
- 134 Het aantal contracten dat DSM afsloot met, aanvankelijk voornamelijk Nederlandse, universiteiten steeg van 85 in 1986 tot 150 in 1988/89. In 2003 onderhield DSM structurele contacten met circa 2000 universitaire wetenschappers 'world wide'. Zie: D.J. Venderbos, 'Universiteit: quo vadis?', in: De Boer (red.), *Chemie in het zilver*, 12-18, aldaar 16; 'Venster op de buitenwereld. Afdeling "Universitaire en Wetenschappelijke Contacten (UWC) bij DSM Research', *DSM Magazine* (mei 1993), 28-31; Frans van Steijn, 'De vierde generatie R&D. Interview met Ludo Kleintjens', *Chemisch Weekblad* (5 maart 1994), 4; 'Research steeds internationaler. Samenwerking met Russian Institute of

- Chemical Physics in Moskou', *DSM Nieuws* (8 okt. 1998), 1; Ludo Kleintjens, college over industrie-universiteits relaties, voor ESST-studenten, Universiteit Maastricht, 9 oktober 2003. Zie voorts: Minne en Rensman, *R&D-strategie van de Nederlandse chemische industrie*, 3-4.
- 135 P.J. Lemstra, 'Discussion paper: Nederland, kennis(sen)land: over samenwerking academia en industrie', Eindhoven, augustus 2002; P.J. Lemstra, 'Nederland, kennis(sen)land?', *Crosslinks* nr. 50 (september 2003), 4-5; Fridus Valkema, 'Schaalvergroting in kennisland', *Chemisch2Weekblad* (14 aug. 1999), 3; Fridus Valkema, 'Nederland exporteert R&D model', *Chemisch2Weekblad* (1 dec. 2001), 3; [Dutch Polymer Institute], *Strategic Research Alliance Academia - Industry* (Eindhoven 2000).
- 136 [F.Th. Hesselink], 'Stichting Scheikundig Onderzoek in Nederland 1956-1998', 23-24.
- 137 Vgl. ook de interviews van Frans van Steijn met resp. Jan Zuidam (DSM), Dick Medema (Shell), Hans Nieuwenhuis (Unilever) en Joop Roels (Gist): 'Er gaat een grote schokgolf door r&d', *Chemisch Weekblad* (23 okt. 1993), 4; 'Misschien waren we aan de softe kant', *Chemisch Weekblad* (27 november 1993), 4; 'Alles begint met een markt', *Chemisch Weekblad* (25 december 1993), 4; 'De snelheid van onderzoek opvoeren', *Chemisch Weekblad* (12 febr. 1994), 4.
- 138 Minne en Rensman, *R&D-strategie van de Nederlandse chemische industrie*, 5-8; Cornet en Rensman, *The Location of R&D in the Netherlands*, 11-19.
- 139 Dirk van Delft, 'Het geketende onderzoek: Academisch ingestelde onderzoekers nemen de wijk naar de universiteit', *NRC Handelsblad*, bijlage Wetenschap & Onderwijs, 31-8-1996; 'Valk. Back to Casimir', *Chemisch2Weekblad* (27 mrt. 1999), 34. Zie ook: Lemstra, 'Nederland, kennis(sen)land'; Piet J. Lemstra, 'The rise and decline of polymer science & technology in Europe - Macromolecular sciences and polymer technology at the crossroads?', in: *Polymers in Europe: Quo Vadis?* (Ospedaletto-Plisa 2001), 5-8.
- 140 Homburg, 'Epiloog', 127-135.
- 141 Fridus Valkema, 'Hoe industriële R&D beter te laten renderen?', *Chemisch2Weekblad* (13 febr. 1999), 26-27; Maarten Evenblij, 'Schuiven met hersens en met geld', *De Volkskrant* 1999; Patrick Marx, 'Shell laboratorium opent de poorten voor bedrijven', *Chemisch2Weekblad* (14 aug. 1999), 6; Fridus Valkema, 'Creativiteit leidt tot nieuwe loopbanen', *Chemisch2Weekblad* (16 jan. 2000), 26; 'Valk', *Chemisch2Weekblad* (11 mrt. 2000), 50; 'Valk', *Chemisch2Weekblad* (20 mei 2000), 54; Minne en Rensman, *R&D-strategie van de Nederlandse chemische industrie*, 3-4, 11-12. Over het KSLA, zie ook de sleutelroman: Jan Wortel, *Een ster als alibi* (Alphen aan de Rijn 1999).
- 142 *Research within Akzo 1986* (Arnhem 1986); *Research within Akzo 1990* (Arnhem 1990); Peter de Haan, 'Fact and figures', *Akzo Nobel News & Views. Special: Technology* (Febr. 1997), 2; 'Valk', *Chemisch2Weekblad* (13 mrt. 1999), 38; Doetze Sikkema, 'Industrie verwaarloost langetermijnonderzoek', *Chemisch2Weekblad* (23 sept. 2000), 12-13; Fridus Valkema, 'Industriële R&D kan niet zonder de R', *Chemisch2Weekblad* (18 nov. 2000), 3; Dirk van Delft, "'Techneuten krijg je er niet onder". Noor van Andel over Akzo Nobel en de macht van de aandeelhouders', *NRC Handelsblad*, zaterdag 6 januari 2001, 43;

- 'Noor van Andel krijgt eredoctoraat van UvA', *Chemisch2Weekblad* (27 jan. 2001), 7; 'Valk', *Chemisch2Weekblad* (10 febr. 2001), 34. Vgl. ook Verhoog, *75 jaar Organon*, 100-102; Lemstra, 'Nederland, kennis(sen)land'.
- 143 Fridus Valkema, 'Industrie mort over de universiteit', *Chemisch2Weekblad* (22 mei 1999), 8; Jan de Wit, 'Schaf derde geldstroom af. Nieuw model nodig voor samenwerking universiteit-industrie', *Chemisch2Weekblad* (13 jan. 2001), 8; Fridus Valkema, 'Industrie moet leren vissen in de vijvers van de universiteit. Interview met Prof. Jan de Wit (Akzo Nobel)', *Chemisch2Weekblad* (27 jan. 2001), 4-5; Kees Elsevier, 'Roofvissen in universitaire vijver', *Chemisch2Weekblad* (24 febr. 2001), 4-5; Fridus Valkema, 'Discussie tussen industrie en universiteit nodig', *Chemisch2Weekblad* (10 mrt. 2001), 3; Stephen Picken, 'Industrie ontbeert lange termijn visie', *Chemisch2Weekblad* (24 mrt. 2001), 3; Fridus Valkema, 'Als je wilt vissen moet je weten hoe je hengeltje gebogen is. Interview met ACC-voorzitter Prof. Gerard van Koten', *Chemisch2Weekblad* (24 mrt. 2001), 12-13; Emmo Meijer, 'Persoonlijk gastcollege "visie"', *Chemisch2Weekblad* (21 apr. 2001), 4; Kees Linse, 'De universiteit weet niet alles beter', *Chemisch2Weekblad* (21 apr. 2001), 5; Smith, 'Industrie gedwongen tot LAT-relatie'; Sarah van Leeuwen, 'VNCI wil 50% meer geld voor chemische R&D', *Chemisch2Weekblad* (19 mei 2001), 9; Bart Drinkenburg, 'Zorg voor complementariteit', *Chemisch2Weekblad* (2 juni 2001), 4; Fridus Valkema, 'Bescherm universitaire kennis', *Chemisch2Weekblad* (16 febr. 2002), 3.
- 144 Lemstra, 'Discussion paper', 1, 4.
- 145 Minne en Rensman, *R&D-strategie van de Nederlandse chemische industrie*, 1-3; Rein de Wilde, *De voorspellers. Een kritiek op de toekomstindustrie* (Amsterdam 2000).