

De geschiedenis van de scheikunde in Nederland 3

De ontwikkeling van de chemie
van 1945 tot het begin van de jaren tachtig

Redactie:
Ernst Homburg en Lodewijk Palm

Uitgegeven door Delft University Press in 2004
(Copyright 2004 by Delft University Press)

Met toestemming van IOS Press, Amsterdam
op de KNCV/CHG website geplaatst

Onderzoek, onderwijs en industrie: enkele hoofdlijnen

Hoofdstuk 1

Ernst Homburg en Lodewijk Palm

Grenzen aan de groei – groei aan de grenzen: enkele ontwikkelingslijnen van de
na-oorlogse chemie

(Oorspronkelijke pagina's: 3-18. Noten: 337-339)

1. Grenzen aan de groei – groei aan de grenzen: enkele ontwikkelingslijnen van de na-oorlogse chemie

Ernst Homburg en Lodewijk Palm

“(…) we can say that 80 to 90 percent of all scientists that have ever lived are alive now. Alternatively, any young scientist, starting now and looking back at the end of his career upon a normal life span, will find that 80 to 90 percent of all scientific work achieved by the end of the period will have taken place before his very eyes, and that only 10 to 20 percent will antedate his experience.” Met deze vaak geciteerde zinnen opende de Amerikaanse wetenschapshistoricus Derek J. de Solla Price veertig jaar geleden zijn toen zeer bekende boekje *Little science, big science*.¹ Het was een trefzekere observatie, die fraai onder woorden bracht in welk tempo de wetenschap in de daaraan voorafgaande decennia was gegroeid. Tegelijkertijd, zo kunnen we nu constateren, symboliseert de uitspraak de grote preoccupatie van wetenschappers uit de jaren vijftig en zestig met het fenomeen ‘groei’. Toen De Solla Price zijn ‘kinetische gastheorie van de wetenschapsontwikkeling’, zoals hij het noemde, neerschreef, konden hij en zijn tijdgenoten terugkijken op een periode waarin *the sky the limit* leek te zijn, en in de rest van de jaren zestig zouden de economie en het wetenschappelijk onderwijs alleen nog maar sneller groeien.²

De inzichten van De Solla Price illustreren het kernprobleem waarvoor de historicus van de moderne wetenschap zich geplaatst ziet: hoe kan men een overzicht verwerven over in exponentieel tempo groeiende wetenschapsgebieden, die bovendien inmiddels een ongekende omvang hebben gekregen? Kon de auteur van de twee voorafgaande delen van deze serie, H.A.M. Snelders, in zijn eerste deel nog een periode van vier eeuwen (1500-1900) behandelen, in zijn tweede deel had hij voor een periode van maar vijftig jaar (1900-1950) reeds meer pagina's nodig. Het huidige boek, dat slechts een periode van zo'n 35 jaar beslaat, is niet alleen dikker geworden, maar, belangrijker nog, het kon alleen geschreven worden door een team van auteurs. Wetenschapshistorici die de ontwikkeling van de gehele na-oorlogse chemie kunnen overzien bestaan niet. Wie de lijst met hoogleraren en lectoren in bijlage 1 bij dit boek vergelijkt met de vergelijkbare bijlagen in de eerste twee delen van deze serie zal begrijpen dat wij als redacteurs van het huidige boek soms het gevoel hadden slachtoffer te zijn geworden van de door De Solla Price geschetste ‘exponentiële groeiwetten’. Waren er in de gehele periode 1650-1900 slechts zo'n zestig hoogleraren en lectoren scheikunde in Nederland actief, in de periode 1900-1950 verdubbelde dit (cumulatieve) aantal tot ruim 120.³ Voor de jaren 1940-1980 trad er zelfs een verviervoudiging op: bijlage 1 telt ruim 500 namen.

De groei van het aantal hoogleraren en lectoren scheikunde in Nederland volgde gedurende een groot deel van de twintigste eeuw heel redelijk het exponentiële groeipad van een verdubbeling



Figuur 1.1: De eerste jaren na de Tweede Wereldoorlog was er een grote mate van continuïteit met de vooroorlogse periode. Het nog uit de negentiende eeuw stammende Leerboek der organische chemie van A.F. Holleman werd, bewerkt door J.P. Wibaut, nog tot in de jaren zestig gebruikt. Ter gelegenheid van zijn 89e verjaardag ontving Holleman in 1948 zijn leerlingen, vrienden en collega's bij hem thuis in Bloemendaal. Op de voorste rij, van links naar rechts (tussen haakjes jaar van promotie bij Holleman): A.F.H. Lobry van Troostenburg de Bruyn (1915), mevr. J.W. van Iterson-Rotgans, C.H. Sluiter (1905), G.L. Voerman (1903), J. Böeseken (1897), Holleman, mej. J.M.A. Hoeflake (1915), J. Alingh Prins, G. van Iterson jr., B.R. de Bruyn. Direct achter Holleman staat J. Kalff (1924), met links van hem (voor de lezer) Wibaut (1912), en rechts van hem KNCV-secretaris T. van der Linden (1910).

per 15 jaar dat De Solla Price voor de mondiale wetenschap als geheel vaststelde. Waren er in 1900 zo'n tien hoogleraren en lectoren in de scheikunde, in de loop van de eeuw groeide dit via 60 in 1940, en ongeveer 196 in 1965, naar 384 in 1980 (inclusief de randgebieden van de chemie). Tussen 1955 en 1970 lag het groeitempo hoger dan een verdubbeling per 15 jaar, daarvóór en daarna lag het wat lager (zie onder).

Dát het groeitempo van de universitaire chemie in de loop van de jaren zeventig ging dalen, brengt ons bij een tweede karakteristiek van de jaren 1945-1980. De na-oorlogse periode was niet alleen een tijd van wederopbouw, gevolgd door onstuimige groei, het was ook een tijd waarin de groei op haar grenzen stuitte. In zijn boek uit 1963 voorspelde De Solla Price dit einde van de groei reeds, maar hij dacht daarbij aan een periode van ongeveer één generatie, zo'n 30 jaar.⁴ De omslag kwam echter veel sneller dan verwacht. Toen in 1972, minder dan tien jaar na *Little science, big science*, het geruchtmakende rapport aan de Club de Rome, *The limits to growth*, verscheen, was de stagnatie van de Europese en Amerikaanse industrie reeds ingetreden.⁵ Een jaar later deed de eerste oliecrisis de rest. Een nieuwe periode ving aan, gekenmerkt door onzekerheid, fluctuerende valutakoersen en grondstoffenprijzen, overcapaciteitscrises, een groeiende werkloosheid (ook onder chemici), en door grote bezuinigingen op overheidsbudgetten, waaronder het wetenschappelijk onderwijs.

Deze grote omslag rond 1970 laat zien dat ondanks de betrekkelijk korte duur van de

periode die in dit boek aan de orde is, de ontwikkelingen onstuimig en de veranderingen fenomenaal waren. Wanneer we wat nauwkeuriger kijken, moeten we dan ook constateren dat zelfs deze korte periode van 35 jaar eigenlijk in drie sub-perioden uiteenvalt. De eerste sub-periode wordt door het eerste na-oorlogse decennium gevormd. Afgezien van een kortdurende inhaalslag vlak na 1945, stegen de studenten aantallen chemie, de aantallen chemici en de onderzoeksbudgetten tot 1955 niet spectaculair. Er was een bescheiden, geleidelijke groei; geheel conform de slechte staat van de overheidsfinanciën, de nog geringe economische groei en de onzekerheden die de Korea-crisis met zich meebracht.⁶ Tussen 1950 en 1955 steeg het aantal gewone en buitengewone hoogleraren en lectoren in de chemie van 83 tot 95, hetgeen, afgezien van de jaren 1975-1980, de laagste groei betekende in het gehele tijdvak 1945-1980 (vgl. tabel 1.3). Ook inhoudelijk waren er in die jaren nog weinig nieuwe aanzetten: enkele leerstoelen fysisch-organische, of theoretisch-organische chemie werden ingesteld, de fysische technologie en de katalyse kwamen voorzichtig van de grond, en in de snel groeiende industriële laboratoria van Shell, Philips, DSM, AKU en Unilever begonnen onderzoekers te experimenteren met nieuwe instrumentele technieken op het gebied van de chromatografie en de spectroscopie. Het overheersende beeld is desondanks dat van een grote mate van continuïteit met de jaren dertig.

Na 1955 veranderde dit alles drastisch. In de tweede sub-periode, tussen 1955 en 1970, groeide de chemie in Nederland op alle fronten, zowel aan de universiteiten als binnen de industrie. Het was niet alleen een groeiproces in kwantitatieve zin, maar ook een groei in tal van nieuwe richtingen. De ‘instrumentele revolutie’ (zie hoofdstuk 5) kreeg nu werkelijk momentum, computers deden hun intrede in de kristallografie en de theoretische chemie, de biochemie maakte een ongekennde expansie door, de moleculaire biologie kwam van de grond, en onderzoeksgebieden als de vaste-stofchemie en de polymeerchemie, die tot dan toe vrijwel uitsluitend binnen de industrie tot wasdom waren gekomen, kregen nu hun eerste leerstoelen. Stond in 1955 de hoogleraar, slechts geholpen door enkele assistenten, nog vrijwel onaantastbaar op zijn vooroorlogse geleerde voetstuk, in 1970 was hij inmiddels een onderzoeksmanager geworden die leiding gaf aan een grote groep wetenschappelijk medewerkers en die gelden bij de in 1956 opgerichte Stichting SON in de wacht moest zien te slepen.

De derde sub-periode, vanaf ongeveer 1970, laat weer een ander beeld zien. Het was niet alleen een periode van afnemende groei, zowel binnen de industrie als aan de universiteiten, maar het was ook een overgangperiode waarin de Nederlandse chemie, na jaren van onbekommerde groei, moeizaam op zoek ging naar een nieuw evenwicht. Negatieve geluiden over de chemie waren steeds vaker hoorbaar, taakverdelings- en verkenningscommissies deden hun intrede (zie hoofdstuk 2), de groei van het aantal scheikundestudenten stagneerde, en voor het eerst sinds de jaren dertig diende het fenomeen van werkloosheid onder chemici zich weer aan. Ook op inhoudelijk gebied waren de jaren zeventig een overgangstijd. Ontwikkelingen die het scheikundig onderzoek in de jaren na 1980 steeds sterker hebben bepaald – zoals het toenemend gebruik van computers (zie hoofdstuk 9), het groeiende belang van anorganische en organische ‘materials sciences’, en recent de nano-technologie en de opmars van de biotechnologie, het recombinant-DNA-onderzoek en de ‘life sciences’ – waren in de jaren zeventig al wel grotendeels zichtbaar, maar stonden nog in de kinderschoenen.

In de rest van dit hoofdstuk zullen we enkele van deze ontwikkelingslijnen wat verder uitdiepen. We beginnen met een schets van het groeiproces op lange termijn, vervolgens kijken we hoe tijdens die groei het relatieve belang van de verschillende chemische disciplines na de Tweede Wereldoorlog verschoof, daarna komt kort de veranderende rol van het industriële onderzoek aan bod, waarna we afsluiten met beschouwingen over de ‘grenzen aan de groei’ en de overgangperiode na 1970 die ook getypeerd kan worden als een periode van ‘groei aan de grenzen’.

GROEI

De Solla Price ging er in zijn beschouwingen uit 1963 van uit dat de mondiale wetenschap reeds gedurende meer dan twee eeuwen exponentieel groeide met een verdubbelingstijd van ongeveer 15 jaar. Voor kleinere geografische eenheden en afzonderlijke disciplines hoeft dit cumulatieve en mondiale patroon uiteraard niet op te gaan. De Nederlandse scheikundebeoefening groeide lange tijd veel minder snel. Wanneer we met zevenmijlskaarzen de sociale geschiedenis van de Nederlandse scheikunde doorkruisen, dan zijn er enkele opvallende markeringspunten en versnellingsfasen. De eerste belangrijke stap, zowel in Nederland als elders in Europa, was de introductie van de scheikunde als academisch leervak in de zeventiende-eeuwse medische faculteiten.⁷ De tweede mijlpaal vormde het ontstaan van een onderscheiden beroepsgroep van chemici omstreeks het midden van de negentiende eeuw.⁸ Een derde fase begon in Nederland kort daarna, toen de Wet op het Middelbaar Onderwijs van 1863 en de Wet op het Hoger Onderwijs van 1876 – die voor het eerst het doen van onderzoek formeel erkende als taak van de hoogleraren – de kaders schiepen voor een bloeiperiode van de Nederlandse natuurwetenschappen die wel bekend staat als ‘de Tweede Gouden Eeuw’.⁹

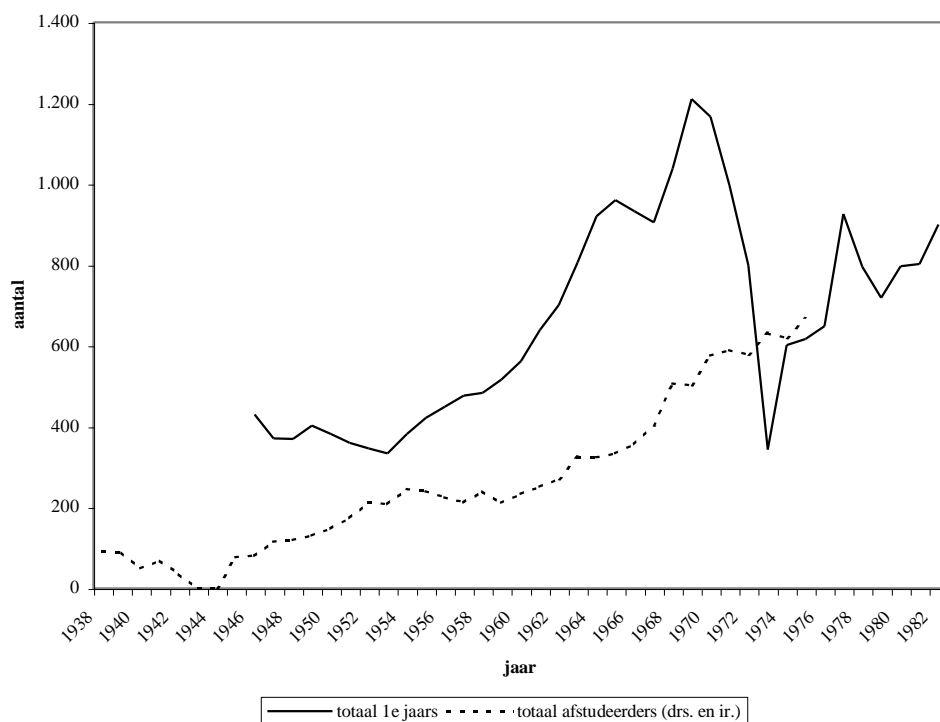
Elk van deze fasen bracht het groeitempo van de chemiebeoefening op een hoger plan. Toch moeten we ons van de omvang van het scheikundig onderzoek in Nederland aan het begin van de twintigste eeuw geen overdreven voorstellingen maken. De ‘Tweede Gouden Eeuw’ bracht weliswaar een ster van eerste orde als J.H. van 't Hoff voort, wiens belang voor de Nederlandse chemiebeoefening moeilijk kan worden overschat, maar het aantal chemici dat aan de universiteiten en elders in Nederland werkelijk tijd had om wetenschappelijk onderzoek te doen was vermoedelijk niet hoger dan honderd. Er waren ongeveer tien hoogleraren en lectoren, die elk enkele assistenten en promovendi hadden. In deel één van deze serie noemt Snelders een aantal van 650 chemici omstreeks 1900. Dit getal omvat echter ook de in Nederlands-Indië werkzame chemici en verschillende apothekers, zodat het aantal chemici dat in 1900 binnen Nederland werkzaam was eerder op niet veel meer dan 500 moet worden geschat (zie tabel 1.2). Hiervan werkte een groot deel in het middelbaar onderwijs en een ander groot deel in de chemische analyse of in leidinggevende functies in fabrieken.¹⁰

Na de Eerste Wereldoorlog trad een nieuwe, vierde fase in, die werd gekenmerkt door de opkomst van industriële researchlaboratoria. Nadat landen als Duitsland en de Verenigde Staten waren voorgegaan, richtten tussen 1910 en 1940 ook vele Nederlandse bedrijven een eigen researchlaboratorium op. Naast Philips liepen chemische bedrijven daarbij voorop.¹¹ De vraag naar chemici steeg navenant. In de jaren twintig groeiden de studentenaantallen scheikunde naar tot dan toe ongekende hoogte. Nadat het aantal scheikundestudenten in de crisisjaren dertig terug was gevallen, zette dit groeipatroon zich na 1945 weer voort. Ook de grote industriële researchlaboratoria namen toen aanzienlijk in omvang toe (zie tabel 1.1).

Tabel 1.1: *Groei van het aantal medewerkers van de zes grootste industriële researchlaboratoria, 1940-1970*

Laboratorium	1940	1950	1955	1960	1970
KSLA	1350	1640	1800	2173	2000
Philips Nat.Lab.	516	900	1250	1600	2200
AKU (incl. proeffabriek), Arnhem	150	530	925	1075	1500
Centraal Laboratorium, Staatsmijnen/ DSM	80	420	630	780	1200
Unilever Research Zwijndrecht/ Vlaardingen en Duiven	30	50	175	500	1350
Gist & Spiritus, Delft, na 1967 Gist-Brocades	90	165	290	430	555

bron: E. Homburg, *Speuren op de tast* (2003), 22, 40.



Figuur 1.2: De groei van het totale aantal eerstejaars scheikunde en scheikundige technologie, en het totale aantal afgestudeerden, 1938-1982.

Bronnen: CBS, *Statistiek van het hoger onderwijs, 1954-1956* en *Statistiek van het wetenschappelijk onderwijs, 1961-1974*; CW 52 (1956), 296-297; CW 58 (1962), 59; CW 15 apr. 1978, 9; CW 13 okt. 1978; CW 28 sept. 1979; *Beroepen voor universitaire chemici en chemisch ingenieurs* (1985).

Overzien we de periode 1920-1955 als geheel, dan kunnen we constateren dat het groeitempo van de Nederlandse chemie toen voor het eerst in de buurt kwam van het ‘De Solla Price-niveau’ van een verdubbeling per 15 jaar (vgl. tabellen 1.2 en 1.3).

Door die groei van de industriële research verschoof het zwaartepunt van het chemisch onderzoek na de Tweede Wereldoorlog geleidelijk van de universiteiten naar de industrie. In de loop van de jaren zestig ging die beweging weer de andere kant op, mede onder invloed van een groeiende geldstroom van het Ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, al dan niet via tweede-geldstroomorganisaties als ZWO (1947) en SON (1956), naar de universiteiten (zie hoofdstuk 2). We zouden dit de vijfde fase van onze ‘zevenmijlsreis’ kunnen noemen. Na ongeveer 1965 nam de groei van het industriële onderzoek af, terwijl het universitaire onderzoek tot het begin van de jaren zeventig doorgroeide alsof er niets aan de hand was. Tussen 1955 en 1970 steeg het aantal gewone en buitengewone hoogleraren en lectoren in de scheikunde iedere vijf jaar met zo’n 45 procent, hetgeen neerkomt op een verdubbeling per tien jaar (tabel 1. 3) – beduidend boven het ‘De Solla Price-niveau’.

Deze sterke groei van de Nederlandse chemiebeoefening zien we ook terug in de statistieken van de aantallen studenten en afgestudeerden. In 1946 meldden zich 430 eerstejaars studenten scheikunde en scheikundige technologie aan. Door het na-oorlogs inhaaleffect was dat aantal dat jaar extra hoog. De daarop volgende jaren daalden de aanmeldingen dan ook weer, totdat ze in 1953, met 334 eerstejaars, een dieptepunt bereikten. Vlak daarna brak de hierboven geschetste groei- en bloeiperiode aan. De aantallen eerstejaars stegen vrijwel ieder jaar, totdat ze in 1969 met 1209 eerstejaars een maximum bereikten. In 1970 meldden zich nog 1167 nieuwe studenten aan, maar daarna was het met de groei gedaan. Met enige tijdvertraging, begrijpelijkerwijs, volgde het

aantal afgestudeerden min of meer hetzelfde verloop. Na de oorlog steeg dit van ongeveer 80 in 1946 tot 211 in 1952. Vervolgens bewoog het zich tot 1961 tussen de 200 en 250 per jaar, om daarna tot bijna 700, halverwege de jaren zeventig, te stijgen (figuur 1.2). Daarna trad ook hier een scherpe daling in: de zesde fase van ons schetsmatige overzicht brak aan. In de daarop volgende twee à drie decennia trad geen stabiel evenwicht in. De aantallen eerstejaars en afgestudeerden oscilleren sindsdien, als een *limit cycle*, rond het *steady-state*-plafond van hun logistische groeicurves: een duidelijk teken van toegenomen maatschappelijke complexiteit, waarbij de economische en sociale krachten minder eenduidig op de universitaire chemie inwerkten dan vóór 1970.¹²

Als gevolg van deze groei van de aantallen studenten – in 1970 waren er meer dan 6000 scheikundestudenten! – en afgestudeerden, steeg ook het aantal chemici in Nederland naar voorheen ongekende hoogten. In tabel 1.2 zijn de belangrijkste cijfers die we konden achterhalen samengevat. Daaruit blijkt dat het aantal chemici dat in Nederland werkzaam was gedurende de eerste drie decennia van de twintigste eeuw ongeveer verdubbelde, van ruim 500 naar 1040. In de daarop volgende 30 jaar trad vrijwel een verviervoudiging op (tot ruim 4000 werkzame chemici in 1960) en in de daarop volgende 30 jaar wederom (tot ruim 14.000 werkzame chemici in 1992). Het is op het eerste gezicht curieus te zien dat in verschillende jaren het aantal KNCV-leden, dat we ter vergelijking hebben vermeld, hóger was dat het totale aantal werkzame chemici. De verklaring hiervoor is dat zich onder de KNCV-leden ook studentleden, gepensioneerden, chemici werkzaam in het buitenland en verschillende farmaceuten bevonden.

De tabel geeft daarnaast enig inzicht in de verschuivende werkkringen van chemici. De meest opvallende trends zijn: (a) de relatieve daling van het aantal chemici in het hoger- en middelbaar onderwijs tussen 1923 en 1947, die hoogstwaarschijnlijk op het conto geschreven moet worden van de opkomst van de chemische industrie en het industriële onderzoek in die tijd; (b) de stijging van het aantal aan de universiteiten werkzame chemici tussen 1947 en 1977; ook de industriële arbeidsmarkt groeide enorm in die jaren, maar blijkbaar groeide de universitaire werkgelegenheid harder; en (c), tenslotte, de forse verschuiving van werkgelegenheid van het onderwijs naar de industrie die optrad tussen 1977 en 1992. De stijging tussen 1960 en 1977 van het aandeel van het middelbaar- en beroepsonderwijs komt waarschijnlijk door de opkomst van het laboratoriumonderwijs na 1960 (zie hoofdstuk 3).

Tabel 1.2: Aantallen in Nederland werkzame chemici, KNCV-leden en werkkringen, 1901-1992.¹³

Jaar	aantal KNCV leden	aantal in Nedl. werkzame chemici	werkzaam in industrie	werkzaam in hoger onderwijs	werkzaam in middelbaar en beroeps-onderwijs
1901	180 (1904)	515			
1915	610	650			
1923	1.130	750		16%	25%
1930	1.480	1.040		14%	22%
1947	2.440	1.830	51%	8%	15%
1955	3.880	2.700	47%	13%	11%
1960	4.900	4.020	45%	12%	10%
1969	6.500	6.000			
1977	8.330	9.000	46%	17%	16%
1982	8.190	10.000	54%	15%	17%
1992	14.230	14.400	61%	12%	10%

Tabel 1.3: Aantallen gewone (en buitengewone) hoogleraren en lectoren chemie, 1940-1980

Vakgebied	1940	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980
anorganische chemie	6,0	4,5	4,5 (0,5)	4,5 (0,5)	8,5	8,5 (0,5)	12,0 (2,0)	17,0 (1,5)	17,0 (1,5)
vaste-stofchemie, anorganische materialen	2,5	2,5	3,0 (1,0)	2,5 (1,5)	4,0 (5,5)	4,5 (3,5)	8,0 (6,0)	8,5 (5,5)	8,0 (5,0)
heterogene katalyse	–	–	– (1,0)	– (1,0)	– (1,0)	– (2,0)	0,5 (3,0)	1,5 (3,0)	1,5 (3,5)
kristallografie, structuurchemie	1,0	0,5 (1,0)	2,0 (0,5)	2,5 (1,0)	4,0 (1,5)	6,0 (1,0)	9,0 (1,0)	8,0 (1,0)	8,5 (1,0)
algemene chemie	1,0	0,5	1,0 (0,5)	1,0 (0,5)	3,5	8,5	8,0	10,5	12,0
theoretische chemie	–	–	1,5 (0,5)	1,0 (1,5)	1,5 (1,5)	1,0 (2,0)	3,5 (1,5)	6,5	7,0
fysische chemie	5,0 (1,5)	4,5 (0,5)	8,0	8,0 (2,0)	11,5 (1,5)	21,0 (4,0)	29,5 (4,0)	41,5 (5,0)	38,0 (6,5)
polymeerchemie, organische materialen	– (1,0)	– (1,0)	– (2,0)	– (1,0)	– (2,0)	3,5 (2,5)	6,0 (1,0)	10,0 (1,0)	9,0 (1,0)
organische chemie	8,5	9,5	11,0 (0,5)	15,0 (1,0)	17,5 (2,5)	23,0 (5,5)	28,5 (7,0)	37,0 (4,5)	35,0 (3,0)
analytische chemie	5,5 (0,5)	5,0	7,0 (1,0)	6,5 (1,5)	9,5 (1,5)	12,0 (2,5)	15,0 (2,5)	17,5 (3,5)	17,5 (3,5)
farmacochemie en farmaceutische chemie	5,0 (1,0)	5,5 (1,0)	4,0 (3,0)	5,5 (1,0)	7,0 (1,0)	9,5 (1,0)	12,0 (2,0)	16,5 (5,0)	19,5 (5,5)
biochemie, moleculaire biologie c.a.	10,0 (1,0)	8,0 (1,0)	15,5	18,0 (1,0)	28,0 (3,5)	42,0 (1,0)	72,5 (5,0)	103,0 (7,0)	109,0 (8,0)
levensmiddelenchemie en -technologie c.a.	3,5	3,0	3,0 (1,5)	4,0 (2,5)	4,5 (2,5)	5,5 (2,0)	6,5 (1,0)	7,5 (2,0)	8,5 (3,0)
(proces)technologie	2,0 (4,0)	3,0 (4,0)	5,0 (4,0)	4,0 (4,0)	7,0 (5,0)	13,0 (6,0)	24,0 (6,5)	24,5 (8,0)	26,0 (8,5)
overig (landbouw, bodem, geo, milieu)	1,0	1,0	1,5	1,5 (1,0)	2,5	2,5 (2,0)	5,5 (1,0)	7,5 (2,0)	13,5 (4,0)
TOTAAL	51,0 (9,0)	47,5 (8,5)	67,0 (16,0)	74,0 (21,0)	109,0 (29,0)	160,5 (35,5)	240,5 (43,5)	317,0 (48,0)	330,0 (54,0)

Toelichting: de getallen tussen haakjes geven de buitengewone hoogleraren en lectoren weer. In 1940, bijvoorbeeld, waren er 60 hoogleraren en lectoren; 51 gewone en 9 buitengewone. Leeropdrachten als ‘anorganische en fysische chemie’ zijn voor 0,5 aan elk van die vakgebieden toegerekend. Het zelfde geldt voor leeropdrachten als ‘theoretische organische chemie’, die voor de helft bij de theoretische chemie is geteld. Ook wanneer een persoon in een van de vermelde jaren van leeropdracht veranderde, of van buitengewoon hoogleraar gewoon hoogleraar werd is dit op 50-50 basis over beide posities verdeeld.

Bron: bijlage 1.

DE ONTWIKKELING VAN DE CHEMISCHE DEELDISCIPLINES

De hierboven geschetste groei van de chemiebeoefening vond niet gelijkmatig over de gehele linie plaats. Sommige chemische deeldisciplines groeiden sneller dan andere. De spectaculaire ontwikkeling die de biochemie na de oorlog doormaakte is algemeen bekend. Daarnaast kwamen er nieuwe vakgebieden op als de fysische technologie, de katalyse, de vaste-stofchemie en de polymeerchemie, die vóór de Tweede Wereldoorlog nog niet of nauwelijks bestonden, althans niet in een geïnstitutionaliseerde vorm.

Het is niet eenvoudig een kwantitatief beeld te krijgen van het tijdsverloop en de omvang van de groei van de verschillende chemische deeldisciplines. De eerste betrouwbare gegevens – die overigens alleen het hoger onderwijs betreffen en geen zicht bieden op het onderzoek dat plaatsvond in de industrie – dateren uit de tweede helft van de jaren zeventig toen taakverdelings- en verkenningscommissies actief werden.¹⁴ Daarnaast is er een studie over de arbeidsmarkt voor biochemici, waaruit scherp naar voren komt hoe snel het de beoefening van dit vakgebied tussen 1964 en 1970 groeide. Studeerden er in dat eerste jaar zo'n 30 biochemici af, zes jaar later was dit aantal tot ongeveer 130 gestegen, en gedurende de jaren zeventig bleef de jaarlijkse aanwas van biochemici op dat hoge peil.¹⁵

Bij gebrek aan betere cijfers hebben we de gegevens betreffende de hoogleraren en lectoren uit bijlage 1 tabellarisch samengevat (tabel 1.3). Hieruit laten zich enkele interessante trends aflezen. In de 'klassieke' chemische disciplines, die reeds in 1900 bestonden, te weten de organische chemie (17%), de anorganische chemie (12%), de fysische chemie (10%), de analytische chemie (11%) en de farmaceutische chemie (10%), namen in 1940 tezamen 60 procent van alle *gewone* hoogleraren en lectoren voor hun rekening. Veertig jaar later was dit aandeel tot 38 procent gedaald. Met uitzondering van de fysische chemie, die zich in de na-oorlogse periode goed wist te handhaven en zelfs groeide, leverden alle klassieke disciplines 'marktaandeel' in.

Tabel 1.4: *De omvang van de chemische deeldisciplines aan de universiteiten, 1940-1980 (in procenten)*

Hoofdrichting	gewone én buitengewone hoogl. en lectoren 1940	gewone én buitengewone hoogl. en lectoren 1980	wetenschappelijk personeel 1977
Biochemie (incl. moleculaire genetica)	18	30	26
Fysische chemie (incl. theoretische chemie en structuurchemie)	14	19	19
Organische chemie	14	10	17
Anorganische chemie (incl. vaste stof, katalyse en organo- metaalchemie)	14	9	14
Toegepaste chemie (procestechnologie, levensmiddelen, polymeren)	17	15	13
Farmaceutische chemie (incl. farmacochemie)	10	7	(niet vermeld)
Analytische chemie	10	5	6
Diversen	2	5	4

bronnen: tabel 1.3 en [ACC/ SON], *Inventarisatie scheikundig onderzoek aan universiteiten en hogescholen* (Amsterdam/'s-Gravenhage 1977), 21.



Figuur 1.3: De jaren zestig zagen een enorme expansie van het chemisch onderwijs en onderzoek. Deze luchtfoto, gemaakt op 24 januari 1963, toont de bouwactiviteiten op het terrein van de Technische Hogeschool te Eindhoven, met links de hoogbouw van elektrotechniek en werktuigbouwkunde, en rechts op de voorgrond de bouw van het laboratorium voor scheikundige technologie. De TH Eindhoven was bij uitstek een 'industrie-universiteit'. Verschillende gewone hoogleraren kwamen uit het bedrijfsleven en via een groot aantal buitengewone hoogleraren onderhield men voortdurend voeling met de industrie.

De winst kwam vooral op het conto van de biochemie. In 1940 had 20 procent van alle hooggeleerde chemici een biochemische leeropdracht. In 1980 was dit aandeel gestegen tot 33 procent. Haast opmerkelijker dan die groei, die min of meer bekend is, is het gegeven dat de biochemie reeds in 1940 zo'n groot aandeel had in de universitaire chemie. Een ander stuk van het 'marktaandeel' van de klassieke disciplines verdween naar de 'algemene chemie', een gebied dat, vooral op didactische gronden, in de jaren zestig furore maakte, en naar de procestechnologie, de polymeerchemie, de katalyse en, vooral, de restgroep 'overig', waarbij de landbouw-, bodem-, geo- en milieuchemie zijn ingedeeld.

Het moet worden benadrukt dat de hoogleraren en lectoren in tabel 1.3 louter op basis van hun leeropdrachten zijn ingedeeld, en niet op basis van hun onderzoek. Het belang van kleinere gebieden als de vaste-stofchemie, de katalyse en de polymeerchemie wordt daardoor in tabel 1.3 onderschat. Verschillende Leidse hoogleraren, bijvoorbeeld, die actief waren op het gebied van de polymeerchemie hadden als leeropdracht de fysische chemie en zijn in de tabel onder dat vakgebied vermeld. Hetzelfde geldt voor de vaste-stofchemie, dat soms onder de fysische chemie viel (Delft, Eindhoven) en soms onder de anorganische chemie (Leiden). Desondanks stemmen de cijfers redelijk overeen met andere overzichten. In tabel 1.4 zijn onze gegevens in acht 'hoofdrichtingen'

Tabel 1.5: *Bekroonde chemici en KNAW-leden, uitgesplitst naar instellingen en naar disciplines, 1945-2003*

<i>Instel- ling</i>	<i>Bio- chemie</i>	<i>Organ. chemie</i>	<i>Fys. chemie</i>	<i>Proces techn.</i>	<i>Vaste stof</i>	<i>Heter. katal.</i>	<i>Org. metaal</i>	<i>Poly- meer</i>	<i>Totaal</i>
RUU	14,5	1,0	3,5		2,5		0,5		22,0
RUL	11,0	2,0	2,5		1,5	1,0	0,5	0,5	19,0
RUG	7,5	2,0	4,5	0,5	2,0			1,0	17,5
Shell		1,0	3,5	4,5	1,0	2,5	3,0		15,5
UvA	4,0	6,0	1,0	1,5	1,0		1,0		14,5
Philips	1,0	0,5	2,0	0,5	5,0	0,5			9,5
TUD	0,5	0,5	2,0	3,0	1,0	0,5		0,5	8,0
DSM	0,5	0,5		3,0				2,0	6,0
Akzo	0,5	2,0	1,0	1,5				1,0	6,0
LUW	3,0	0,5	1,0					0,5	5,0
Overig	12,5	4,0	3,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,5	24,5
Totaal	55,0	20,0	24,0	15,5	15,0	5,5	5,5	7,0	147,5

Toelichting: personen die aan 2, 3 of 4 instellingen hebben 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. De kristallografie is deels bij de biochemie geteld (Groningen) en deels bij de vastestofchemie (Delft, Amsterdam); de theoretische chemie is geteld bij de fysische chemie, de farmacologie en farmacochemie bij de biochemie, de homogene katalyse bij de organometaalchemie, en een ‘restant’ anorganische chemie bij de vaste-stofchemie. De rubriek ‘overig’ omvat ook onderzoekers die deels in het buitenland werkten (en deels bij de wel genoemde instellingen). Bron: bijlage 2.

gegroepeerd en vergeleken met de indeling naar vakgebieden van de 1661 onderzoekers verbonden aan de chemische (sub)faculteiten en/of werkzaam binnen SON-werkgemeenschappen. De opvallendste verschillen tussen ons overzicht en die telling uit 1977 betreffen de organische en de anorganische chemie. Naast het feit dat ons overzicht op basis van leeropdrachten en het ACC/SON-overzicht uit 1977 op basis van het onderzoek is gemaakt, zijn mogelijke bronnen voor deze verschillen onze ruimere definitie van de biochemie (namelijk inclusief de microbiologie en de ‘toegepaste’ biochemische leerstoelen in de medische faculteiten) en de opname van de farmaceutische en farmacochemie in ons overzicht.

De hierboven gegeven overzichten over de chemische deeldisciplines hebben het nadeel dat ze alleen het universitaire onderwijs en onderzoek betreffen. Het omvangrijke chemische onderzoek dat na de Tweede Wereldoorlog binnen de industrie werd verricht, blijft zo buiten beeld. Bovendien laten de hierboven gepresenteerde overzichten niet zien in welke vakgebieden opvallende prestaties werden geleverd.

Om aan deze bezwaren enigszins tegemoet te komen, hebben we op basis van de in bijlage 2 gepresenteerde ‘topgroep’ van 147 bekroonde onderzoekers en KNAW-leden een overzicht samengesteld. Aan zo’n overzicht zitten vele haken en ogen. Bij de verlening van wetenschapsprijzen en de benoeming tot lid van de KNAW speelt immers R.K. Mertons ‘Mattheuseffect’ een rol en is ook ‘vriendjespolitiek’ nooit geheel is uit te sluiten. Desalniettemin achtten we de groep van 147 onderzoekers voldoende groot om er vertrouwen in te hebben dat forse systematische vertekeningen achterwege zullen zijn gebleven (tabel 1.5). Dit vermoeden wordt ondersteund door het feit dit nieuwe overzicht op hoofdlijnen de vorige overzichten bevestigt. Ook nu is de biochemie de grootste deeldiscipline (37%), gevolgd door de fysisch chemie (16%) en de organische chemie (14%). Neemt met de telling op basis van bijlage 2 wat meer serieus, dan zou

men op basis van een vergelijking tussen de tabellen 1.4 en 1.5 kunnen stellen dat de resultaten van biochemische onderzoekers blijkbaar dusdanig waren dat ze meer dan evenredig de aandacht hebben getrokken.

Hoewel wellicht niet verrassend, laat tabel 1.5 ook duidelijk zien dat een aantal meer 'toegepaste' deeldisciplines een veel grotere omvang hebben dan blijkt uit de tabellen 1.3 en 1.4, indien men het industriële onderzoek in zijn beschouwing meeneemt. De vaste-stofchemie en de daaraan gerelateerde anorganische chemie zijn nu, door het omvangrijke onderzoek bij Philips, goed voor een aandeel van zo'n 10 procent in het totale 'toponderzoek'. Ook de procestechnologie, de heterogene en de homogene katalyse en de polymeerchemie, scoren nu, door inbreng van Shell, DSM en Akzo, hoger dan in de eerdere overzichten.

Naast deze verdeling van het 'toponderzoek' over de vakgebieden is de nogal uiteenlopende inbreng van de verschillende instellingen en bedrijven niet over het hoofd te zien. Op basis van tabel 1.5 krijgt men de indruk dat universiteiten en hogescholen die reeds vóór 1940 een redelijk omvangrijke onderzoeksactiviteit kenden, deze voorsprong na de oorlog hebben kunnen handhaven en uitbouwen. Men kan dat op twee manieren interpreteren. Een eerste, meer Machiavellistische, interpretatie is dat vertegenwoordigers uit die universiteiten blijkbaar beter genesteld waren in de KNAW en andere prijzenverlenende organisaties en zo, bewust of onbewust, collega's uit hun eigen 'Umfelt' meer in het zonnetje hebben gezet dan nieuwkomers van jongere universiteiten en laboratoria. Een tweede mogelijke interpretatie is dat voor succesvol 'toponderzoek' blijkbaar een lange adem nodig is. Hoewel er ook aan de jongere instellingen als de VU, de KUN, de THE, de THT en Unilever Research excellent onderzoek is verricht (dat in de tabel onder 'overig' is opgenomen), had dat onderzoek blijkbaar niet de omvang en breedte die nodig was om de in tabel 1.5 gehanteerde 'drempel' van vijf 'toponderzoekers' per instelling te overschrijden. Mogelijk was het 'van allebei een beetje', zodat de jongere universiteiten zowel door gebrekkiger faciliteiten als door slechtere netwerken een achterstand hadden die zij vóór 1980 slechts gedeeltelijk konden inlopen.

HET TOENEMEND BELANG VAN DE INDUSTRIE

Naast de grotere omvang en de snellere groei van de chemiebeoefening na 1945 vormt de toegenomen rol van de industrie ongetwijfeld een van de meest opvallende zaken die de na-oorlogse situatie doen verschillen van de toestand van vóór 1940. In de eerste twee delen van deze serie speelden de chemische industrie en het industriële onderzoek slechts een bijrol. Een blik op de samenstelling van de KNCV-besturen van de oprichting van de vereniging in 1903 bevestigt dat beeld. Chemicus uit de industrie ontbraken weliswaar niet, maar het ging meestal om chemici afkomstig van middelgrote bedrijven, zoals de Chemische Fabriek 'Naarden', Polak & Schwarz, 'Vondelingenplaat' en de kininefabrieken. De voorzitters van de (K)NVCV waren meestal hoogleraren. Na de Tweede Wereldoorlog veranderde het beeld ingrijpend. Vanaf 1946 namen stevast researchleiders van de grote (chemische) bedrijven zitting in het bestuur. Voorbeelden, uit de jaren 1946-1953, zijn H.L. Bredée van de AKU, H.J. Rijks en H.W. Slotboom van Shell, G. Berkhoff en J.H. de Boer van Staatsmijnen, E.J.W. Verweij en J. Hoekstra van Philips en H.A. Boekenooen van Unilever.¹⁶ De laatste 25 jaar is het zelfs regel dat de voorzitters van de KNCV om beurten van de universiteiten en uit de industrie komen. Dat laatste was vóór de oorlog vrijwel ondenkbaar.

Deze veranderende verhoudingen binnen het (K)NVCV-bestuur weerspiegelen het toenemende belang van de chemische industrie in de Nederlandse wetenschapsbeoefening en economie. Vlak na de Tweede Wereldoorlog bestond de Nederlandse chemische industrie nog grotendeels uit kleine en middelgrote ondernemingen. Het was, volgens een Shell-memorandum uit

1951, een weinig geïntegreerde, zeer heterogene, kleinschalige en individualistische industrie. Ongeveer 1000 tot 1500 ondernemingen – afhankelijk van de definitie van ‘chemische industrie’ – gaven eind jaren veertig werk aan zo’n 30.000 tot 40.000 werknemers. Ruim 20 jaar later was die situatie radicaal veranderd. Na 1950, en vooral in de jaren zestig, toen Amerikaanse en Britse bedrijven op grote schaal in Nederland investeerden, groeide de Nederlandse chemische industrie enorm. Het aantal werknemers steeg daarbij tot 99.000 in 1974, de omzet steeg van 770 miljoen gulden in 1947 tot meer dan 20 miljard gulden in 1974, en de hoeveelheidsindex steeg van 21 in 1947 tot 415 in 1974 (1963 = 100). Parallel daaraan deed zich een grootscheepse fusie- en concentratietendens voor, waardoor de gemiddelde bedrijfsgrootte, die eind jaren veertig nog zo’n 30 à 40 arbeiders per bedrijf was, steeg tot meer dan 250 werknemers per onderneming in 1980. De grootste vier chemische bedrijven – DSM, Akzo, Shell Chemie en Dow – namen toen samen 58 procent van de omzet van de gehele Nederlandse chemische industrie voor hun rekening.¹⁷ Een bedrijf als de Unie van Kunstmestfabrieken (UKF), nu onderdeel van DSM, telde in 1975 ruim 6500 werknemers, waarvan meer dan 4000 in Nederland.¹⁸

Deze grootschalige bedrijvigheid steunde na de oorlog in toenemende mate op research. In tabel 1.1 hebben we de enorme expansie laten zien van de zes grootste industriële laboratoria in de periode tot het einde van de jaren zestig. Ook bij kleinere bedrijven nam de omvang van de research na de Tweede Wereldoorlog sterk toe. Farmaceutische bedrijven als Organon, Philips Duphar, Noury & Van der Lande, Brocades en de Amsterdamsche Chininefabriek (ACF) liepen daarbij (qua omvang) voorop, gevolgd door verffabrieken als Sikkens en Schoen, en specialiteitenproducenten en fijn-chemische bedrijven als ‘Naarden’, ‘Vondelingenplaat’ en ‘Océ-van der Grinten’.¹⁹

In de jaren vijftig en zestig zorgde deze toenemende industriële researchactiviteit niet alleen voor een sterk groeiende arbeidsmarkt voor chemici, maar ook voor een gedeeltelijke verschuiving van het zwaartepunt van het wetenschappelijke chemisch onderzoek van de universiteiten naar de industrie. Tabel 1.5, die duidelijk laat zien dat de laboratoria van Shell, Philips, DSM en Akzo gerangschikt zijn midden tussen de universiteiten, is zeer illustratief in dit verband. Het gaat in dat overzicht immers niet om toegepast onderzoek, of onderzoek in het algemeen, maar om een overzicht van ‘toponderzoekers’ die op grond van de wetenschappelijke kwaliteit van hun prestaties werden bekroond. Dat zij het de moeite waard vonden om in de industriële research te gaan werken, of zelf het onderzoek waarvoor zij werden bekroond binnen de industrie deden, is een opmerkelijk gegeven, dat onderstreept hoezeer de na-oorlogse verhoudingen afweken van die van vóór 1940. Toen kon alleen het Philips Nat. Lab. zich in wetenschappelijk opzicht met de universiteiten meten.

Toen industriële laboratoria meer onderzoek gingen doen, betraden ze steeds vaker terreinen waarover aan de universiteiten nauwelijks kennis bestond. Zoals in de hierna volgende hoofdstukken zal blijken gebeurde dit vooral op voor de industrie relevante interdisciplinaire gebieden die aan de langs klassieke disciplinaire lijnen verkavelde universiteiten niet goed aan bod kwamen. Voorbeelden zijn de vaste-stoffysica en vaste-stofchemie (hoofdstuk 11), de procestechnologie (hoofdstuk 4), de fysica en chemie van polymeren (hoofdstuk 12), en de katalyse (hoofdstuk 10). Ook op terreinen waarvoor dure apparatuur nodig was, zoals de moleculspectroscopie (hoofdstuk 6) en de instrumentele analyse (hoofdstuk 5), verkreeg het industriële onderzoek in de jaren vijftig een voorsprong. Zelfs gebieden die sterk vertegenwoordigd waren aan de universiteiten kregen in enkele gevallen sterke impulsen vanuit de industrie. Een sprekend voorbeeld is de fysisch-organische chemie, waar onderzoekers van Shell, L.J. Oosterhoff voorop, een grote inbreng hadden.²⁰ Terwijl voor de Tweede Wereldoorlog hoogleraren scheikunde met industriële ervaring een zeldzaamheid waren en eigenlijk alleen Philips enige hoogleraren leverde voor leerstoelen aan de TH Delft, veranderden de verhoudingen na de oorlog radicaal.

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 vaste-stofchemie in Nederland werden 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 polymeerchemie leverden AKU (later Akzo) en DSM de hoogleraren; Unilever deed hetzelfde op bijvoorbeeld het terrein van de instrumentele analyse. Shell (G.C.A. Schuit) en Philips (W.C. Nieuwpoort) leverden ‘zelfs’ op een terrein als de theoretische chemie hoogleraren die aan de basis stonden van de ontwikkeling van dit vakgebied in Nederland.

Hoewel de genoemde industriële ontwikkelingen in de volgende hoofdstukken nadrukkelijk aan bod zullen komen en er zelfs een geheel hoofdstuk aan de ontwikkeling van de procestechnologie in de chemische industrie wordt gewijd (hoofdstuk 4), heeft het boek als geheel toch voornamelijk een academische inslag en wordt er aan het omvangrijke na-oorlogse industriële onderzoek onvoldoende recht gedaan. Geïnteresseerden in die ontwikkelingen moeten we dan ook verwijzen naar andere relevante literatuur op dit gebied.²¹ Het grootste deel van de ‘ijsberg’ bevindt zich echter nog onder water. De geschiedenis van het industriële onderzoek in Nederland is, enkele uitzonderingen als Philips, DSM en Noury & Van der Lande daargelaten, een nog vrijwel onontgonnen gebied.

In de hier aan de orde zijnde periode ontwikkelde één chemische deeldiscipline zich volgens een wat afwijkend patroon: de biochemie. Terwijl op alle andere terreinen van de chemie de industriële invloed duidelijk zichtbaar was, was dit voor de biochemie veel minder het geval. Toch ontbrak ze ook daar niet. Onder de eerste generaties hoogleraren biochemie in Nederland waren bijvoorbeeld M.W. Beijerinck en W. Berends afkomstig van de Delftse Gist & Spiritusfabriek, en H. Veldstra en H.L. Booij van de ACF. Veel belangrijker voor de biochemie waren echter enkele niet-industriële, buiten-universitaire instituten. Als belangrijkste noemen we het Nederlands Kanker-Instituut (N. Waterman, R. Korteweg, L. Bosch, H. Bloemendal, P. Emmelot, P. Borst, A.J.M. Berns), en voorts het Nederlands Instituut voor Volksvoeding (B.C.P. Jansen, H.K. Oosterhuis, M.J.L. Dols, S.L. Bonting) en het Medisch-Biologisch Laboratorium van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO (J.A. Cohen, A. Rörsch, G.A. van Arkel, D. Bootsma, P. van de Putte, P.H. Pouwels). Daarnaast speelden de academische ziekenhuizen in de ontwikkeling van de biochemie een grote rol. Na 1980 wakkerde het toenemende belang van de biotechnologie en het recombinant-DNA-onderzoek echter ook de industriële interesse aan. De biochemie kwam daardoor steeds meer in industrieel vaarwater, zodat, op dat punt althans, de verschillen met de andere chemische deeldisciplines kleiner werden.²²

GRENZEN AAN DE GROEI

Tussen ongeveer 1966 en 1974 veranderden de researchorganisaties van vrijwel alle grote ondernemingen ingrijpend. 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.²³ 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. 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.²⁴ Bij Shell zwakte het groeitempo van de research 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 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.²⁵

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.²⁶ 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.²⁷ 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 marketinginspanningen te worden geleverd.²⁸

Deze factoren maken begrijpelijk waarom aan het eind van de jaren zestig de industriële research onder druk kwam te staan. De universiteiten, met hun hoge loonkosten, volgden enkele jaren daarna. Vanaf ongeveer 1960 stegen de overheidsuitgaven voor het hoger onderwijs zo explosief (zie hoofdstuk 2) dat eind jaren zestig het besef doorbrak dat het zo niet verder kon gaan: de voortdurende kostenstijgingen moesten worden omgebogen. Chemici lieten zich daarbij niet onbetuigd. De Eindhovense hoogleraar scheikunde K. Posthumus werd de grote voortrekker van de vierjarige universitaire opleiding, aangevuld met *éducation permanente* (hoofdstuk 3), de Leidse hoogleraar en Shell-adviseur C.J.F. Böttcher was de voorman van de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid (RAWB) (hoofdstuk 2) en B. Okkerse vervulde eind jaren zeventig zijn Delftse leerstoel voor een leidinggevende positie op het Ministerie van Onderwijs.

Toen na 1970 ook het algemene economische klimaat somberder werd, was het pleit beslecht: de welhaast onstuitbare groei die de chemie tussen 1955 en 1970 had doorgemaakt, kwam tot staan. Het vervolg van de ontwikkeling hebben we hierboven reeds met grove pennenstreken geschetst: een nieuwe ‘exponentiële’ groeiperiode liet op zich wachten en een stabiele evenwichtssituatie bleef eveneens uit. De aantallen studenten en afgestudeerden schommelden min of meer rond de plafondwaarden die ze begin jaren zeventig reeds hadden bereikt. Werd de blauwdruk voor het toekomstige universitaire natuurwetenschappelijke onderzoek eind jaren vijftig getekend vanuit het perspectief van voortdurende groei, waarbij *the sky the limit* was, na de stagnatie van het industriële onderzoek rond 1970 was de 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, werden hoogleraren kleine ondernemers die hun onderzoeksfinanciering moesten zien te krijgen van de industrie.²⁹ De industrie op haar beurt wilde maar wat graag samenwerken, omdat de afname van het interne fundamentele onderzoek de noodzaak vergrootte om goed op de hoogte te zijn van fundamenteel-gerichte universitaire research.³⁰

Dat was ongeveer de situatie aan het eind van de in dit boek beschreven periode. In de

daarop volgende twee decennia zou er veel veranderen binnen de wetenschap en de economie. Een nieuwe exponentiële groeifase van de chemie brak echter niet aan. Aangezien een groot deel van de hierboven geschetste ontwikkelingen veroorzaakt werden door mondiale economische processen die alle westerse samenlevingen betroffen, zou dit ook niet waarschijnlijk zijn geweest. De grenzen aan de groei zijn in zicht gekomen en blijven bij ons. Stagnatie trad echter niet in. Integendeel. Voor groei van het geheel kwamen verschuivingen binnen en tussen de chemische deeldisciplines in de plaats. Reeds vóór 1980 werd duidelijk zichtbaar dat er juist in grensvlakken tussen vakgebieden vele mogelijkheden tot vernieuwing waren. Na 1980 zette deze tendens zich alleen maar sterker door.

GROEI AAN DE GRENZEN

De rijkdom aan inhoudelijke ontwikkelingen die in de hierna volgende hoofdstukken beschreven zijn, laat zich, aan het slot van deze inleiding gekomen, niet eenvoudig in enkele zinnen samenvatten. We beperken ons tot het signaleren van enkele zaken die opvielen, ons daarbij realiserend dat anderen wellicht andere accenten zouden leggen.

Een eerste constatering is dat gedurende de gehele periode de technische ontwikkeling van instrumentele methoden en rekentechnieken een belangrijke drijvende kracht voor de ontwikkeling van het vakgebied is geweest, misschien zelfs wel dé belangrijkste drijvende kracht. De ‘instrumentele revolutie’ van de jaren vijftig, met haar nieuwe spectroscopische technieken en scheidingsmethoden, opende zoveel nieuwe onderzoeksmogelijkheden dat alle deelterreinen van de scheikunde er door werden beïnvloed (hoofdstuk 5). Voortdurende verbetering van instrumentatie en onderzoeksmethodologie zorgde ervoor dat omstreeks 1980 de mogelijkheden van deze ontwikkeling nog lang niet waren uitgeput, temeer niet omdat inmiddels ook de computer een steeds groter stempel op het chemisch onderzoek zette. Waren de grote ‘main frames’ in de jaren vijftig en zestig nog vooral het domein van de kristallografen en de theoretisch chemici, na 1970 begon de computer, vaak in combinatie met instrumentele technieken, zoals in de Fourier-transform spectroscopie, een steeds grotere rol te spelen binnen andere deeldisciplines. Computersimulaties vonden toepassingen op tal van terreinen (hoofdstuk 9) en ‘computer assisted organic synthesis’ kwam op, om slechts enkele voorbeelden te noemen. De meeste van deze computertoepassingen kregen overigens pas na 1980 hun beslag, toen de ontwikkeling van krachtige en toch betaalbare PC’s toepassing op geen enkel domein meer in de weg stond.

Een tweede drijvende kracht werd ongetwijfeld gevormd door de grote wetenschappelijke doorbraken uit de periode 1925-1955: de ontwikkeling van de kwantummechanica en de kwantumchemie (hoofdstuk 6), de formulering van nieuwe inzichten op het gebied van de reactiekinetiek door H. Eyring en anderen (hoofdstuk 9 en hoofdstuk 10) en op het terrein van reactiemechanismen (hoofdstuk 13), en de opheldering van de DNA-structuur in 1953 (hoofdstuk 7). Zeker tot 1970 was de ‘exploitatie’ van de potenties van deze doorbraken een belangrijke drijvende kracht voor de ontwikkeling van de chemie. Het is onze indruk dat dit daarna minder werd. De theoretische doorbraken waren voldoende op hun implicaties onderzocht, de daarmee samenhangende onderzoeksmethoden en -rekentechnieken waren bekend, het kwam er nu op neer de theoretische inzichten toe te passen op nieuwe problemen, veelal op het grensvlak tussen twee specialismen.

Wanneer we naar de rangorde van de universiteiten en laboratoria in tabel 1.5 kijken en ons de vraag stellen waarom sommige instellingen daarin zo’n vooraanstaande plaats bekleden, dan is een deel van het antwoord dat juist aan die instellingen succesvol onderzoek ‘aan de grenzen van de chemie’ en op grensvlak tussen chemische specialismen werd geëntameerd.

Noten

HOOFDSTUK 1: GRENZEN AAN DE GROEI

- ¹ D.J. de Solla Price, *Little science, big science* (New York en Londen 1963), 1-2, zie ook 8-11.
- ² Vgl. C. van Heerden, 'Heeft de wetenschap grenzen?', in: A. Sarlemijn, *Tussen academie en industrie. Casimirs visie op wetenschap en researchmanagement* (Amsterdam 1984), 147-152.
- ³ H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland 1: Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900* (Delft 1993), 173-177; idem, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland 2: De ontwikkeling van chemie en chemische technologie, 1900-1950* (Delft 1997), 207-211.
- ⁴ De Solla Price, *Little science, big science*, 20-32.
- ⁵ D.H. Meadow, D.L. Meadows, e.a., *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind* (New York 1972); E. Homburg en A. Rip, 'De chemische industrie in de twintigste eeuw', in: J.W. Schot e.a. (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel 2 (Zutphen 2000), 402-407, aldaar 405.
- ⁶ Vgl. K. Schuyt en E. Taverne, *1950. Welvaart in zwart-wit* (Den Haag 2000), m.n. 19-56, 331-341.
- ⁷ *Academiae Analecta*, Brussel 1986 (= *Mededelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen*, 48 (4)); Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland 1*, 34-39.
- ⁸ D. Knight en H. Kragh (red.), *The making of the chemists. The social history of chemistry in Europe, 1789-1914* (Cambridge 1998); E. Homburg, 'Van volksscheikunde tot technologie: Popularisering van de chemie in de negentiende eeuw', *Gewina* 18 (1995), 72-101, m.n. 94-98.
- ⁹ B. Willink, *De Tweede Gouden Eeuw: Nederland en de Nobelprijzen voor natuurwetenschappen 1870-1940* (Amsterdam 1998); P. Baggen, *Vorming door wetenschap: Universitaire onderwijs in Nederland, 1815-1960* (Delft 1998), m.n. 65-116; B. Theunissen, 'Nut en nog eens nut'. *Wetenschapsbeelden van Nederlandse natuuronderzoekers, 1800-1900* (Hilversum 2000).
- ¹⁰ Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland 1*, 169; *Scheikundig jaarboekje voor Nederland, België en Nederlandsch-Indië* 2 (1901); *Chemisch jaarboekje voor Nederland, België en Nederlandsch-Indië, tevens jaarboekje der Nederlandsche Chemische Vereeniging* 5 (1904/05).
- ¹¹ E. Homburg, *Speuren op de tast. Een historische kijk op industriële en universitaire research*, inaugurele rede Universiteit Maastricht, 31 oktober 2003.
- ¹² H.M. van Dort en J. Terheijden (red.), *Beroepen voor universitaire chemici en chemisch ingenieurs* (Den Haag 1985), 13; [KNCV], *Beroepen voor universitaire chemici en chemisch ingenieurs* (Den Haag, april 1992), 16; M. Crok, A. ten Wolde, 'rubriek Chemicus', *Chemisch Weekblad*, 19 okt. 1996, 6-7; De Solla Price, *Little science, big science*, 23-30.
- ¹³ *Scheikundig jaarboekje's; Chemisch jaarboekje's; KNCV-Jaarverslagen; W.P. Jorissen, 'De vooruitzichten onzer aanstaande scheikundigen', Tijdschrift voor toegepaste scheikunde en hygiëne* 5 (1901-02), 46-48; R. van Hasselt, *Chemisch ingenieur* (Dordrecht 1918), 41-43; J. Godefroy, *De toekomst van de academisch gegradueerden opnieuw beschouwd*, proefschrift KU Nijmegen, 10 juli 1953; T. van der Linden, 'Vijftig jaren Nederlandse Chemische Vereniging', *Chemisch Weekblad* 49 (1953), 519-566, aldaar 522; S.C.J. Olivier en K.A. de Vries, 'Enquête naar de uit arbeid in dienstverband verkregen inkomsten van academisch gevormde chemici in Nederland', *Chemisch Weekblad* 49 (1953), 885-899; K. van Dalfsen en F.Th. van der Maden, 'Toekomstige werkgelegenheid voor en aanbod van academisch gevormde chemici', *Chemisch Weekblad* 52 (1956), 294-297; [J.J.J. Dalmulder e.a.], *De ontwikkeling van het aantal academici tot 1980: aanbod en behoefte* (Zeist 1959); 'Verslag van het Algemeen Bestuur omtrent de handelingen bevindingen van de Koninklijke Chemische Vereniging in 1961', *Chemisch Weekblad* 58 (1962), 301-ff; 'Vierduizendvierhonderdtweentachtig', *Chemisch Weekblad* 61 (1965), 219-224; [J.J.J. Dalmulder e.a.]

Aantallen academici tot 1980: aanbod en behoefte ('s-Gravenhage 1968), m.n. 120-121, 126-127; 'Vacatures voor chemici: tussen realiteit en koffiedik', *Chemisch Weekblad*, 19 sept. 1969, 44-46; 'De salariering van academisch gevormde chemici in Nederland in 1974', *Chemisch Weekblad*, 5 sept. 1975, 21-26; [CAC], 'Chemie als beroep/ vacature-enquête 1978', *Chemisch Weekblad*, 15 april 1978, 5-12; [CAC], 'Magere jaren werkgelegenheid voorbij', *Chemisch Weekblad*, 29 mei 1980, 252-253; [Scitech/ KNCV], *Chemici aan het werk* (z.p., maart 1984); *Beroepen voor universitaire chemici en chemisch ingenieurs* (1985); *idem* (1992).

¹⁴ [ACC/ SON], *Inventarisatie scheikundig onderzoek aan universiteiten en hogescholen* (Amsterdam/'s-Gravenhage 1977). Vgl. ook: *Chemisch Weekblad* 5 sept. 1975, 22 (aldaar tabel II).

¹⁵ *Arbeidsmarkt voor biochemici in de jaren zeventig* (Amsterdam 1981), geciteerd in: G.L. Engel, 'Biochemici in de jaren zeventig', *Chemisch Weekblad* 8 okt. 1981, 348-349.

¹⁶ Van der Linden, 'Vijftig jaren Nederlandse Chemische Vereniging', 560-562.

¹⁷ E. Homburg, 'The History of the Dutch Chemical Industry', in: *The Anatomy of Chemical Holland. Special Issue of Chemisch Magazine* (Rijswijk 1986), 16-22; E. Homburg, A.J. van Selm and P.F.G. Vincken, 'Industrialisatie en industriecomplexen: de chemische industrie tussen overheid, technologie en markt', in: Schot e.a. (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, deel 2, 376-401.

¹⁸ Na 1975 zou er nog het nodige veranderen, want tegenwoordig maken minder dan 500 werknemers bij de Agro-divisie van DSM meer kunstmest dan die 4000 werknemers in 1975. Mondelinge mededeling D. Verstegen, DSM Agro, 2002.

¹⁹ H. Koopmans, *Vijftig jaar scheikundige nijverheid in Nederland* (Delft 1967), 90-91, 116, 119; Homburg, *Speuren op de tast*.

²⁰ Zie hoofdstuk 13: Wiendelt Drenth en Jan W. Verhoeven, 'Grote bloei na een aarzelend begin: fysisch-organische chemie'; en vooral W. Drenth, *120 jaar fysisch-organische chemie in Nederland 1874-1994* (Utrecht 2001), 17-29.

²¹ Verschillende bedrijven verleenden hun medewerking aan dit boek en zochten auteurs aan om 'voorstudies' voor de verschillende hoofdstukken te schrijven. Deze 'voorstudies' zijn waar mogelijk benut, maar ze bevatten in de meeste gevallen ook (veel) informatie die geen plaats in het onderhavige boek heeft kunnen krijgen. We noemen hier met name de voorstudies van F. Meijer (Philips), D. Medema en P.A. Gautier (Shell), S.T. Sie (Shell), S.E. Schaafsma (DSM), A.G. van Velzen en H.S. Kroger (e.a.) (Gist-brocades), M.B. Groen (Organon) en J.L.M.A. Schlattmann (Solvay Duphar). Voorts is informatie over de chemische research in de industrie onder meer te vinden in de volgende publicaties: J.H. Schweppe (red.), *Research aan het IJ: LBPMA 1914 – KSLA 1989. De geschiedenis van het 'Lab Amsterdam'* (Amsterdam 1989); H.W. Lintsen (red.), *Research tussen vetkool en zoetstof: Zestig jaar DSM Research 1940-2000* (Zutphen 2000); M. Tausk, *Organon: De geschiedenis van een bijzondere Nederlandse onderneming* (Nijmegen 1978); J. Faber, 'Wetenschappelijke kennisverwerving en diversificatie: Noury & van der Lande, 1900-1965', *Scientiarum Historia* 26 (2000), 217-230; Homburg, *Speuren op de tast*.

²² Vgl. T. van Helvoort, *Biochemie tussen nut en cultuur: De 'triple helix' van de Nederlandse biowetenschappen* (z.p. 2002); H. Beukers, M. Gruber en R. Matthijsen, *Nederlandse Vereniging voor Biochemie: De eerste 60 jaar* (Utrecht 1987); en Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland* 2, 146-156.

²³ Vgl. 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; Tausk, *Organon*, 398, 401-402.

²⁴ 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.

²⁵ Kees Blase, 'Inkrimpingen 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; Klaas Schutter, 'Reorganisaties binnen het Unilever laboratorium', *Wetenschap & Samenleving* 82/6.7 (juni/juli 1982), 25-27.

²⁶ 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.

²⁷ 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).

²⁸ [C.J.F. Böttcher], 'Meer geld nodig voor industriële research', *Chemisch Weekblad* (28 mrt. 1969), 13-15.

²⁹ H. 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 (Philips), J.C.P. Broekhoff (Unilever) en K. Wiedhaup (Organon/ Akzo) over het thema 'universiteit en industrie'.

³⁰ 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.

³¹ Vgl. E.H. Wiebenga, 'Hoe was het ook weer', *Werken aan scheikunde. 24 memoires van hen die de Nederlandse chemie deze eeuw groot hebben gemaakt* (Delft 1993), 209-221; A. Looijenga-Vos, 'Herinneringen aan de kristalchemie', in: *Werken aan scheikunde*, 443-464.

³² Judith Schotman, 'Nederland als katalysator van de katalyse. Prof. Schuit met emeritaat', *Chemisch Weekblad* (5 mrt. 1981).