

# 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 3

*Nel Velthorst*  
Een voortdurende uitdaging: het scheikundeonderwijs

(Oorspronkelijke pagina's: 37-59. Noten: 342-345)

### 3. Een voortdurende uitdaging: het scheikundeonderwijs

*Nel Velthorst*

Het Nederlandse onderwijs stond na de Tweede Wereldoorlog volop in de belangstelling van regering en parlement. Door de media werden we regelmatig geconfronteerd met nieuwe ideeën, die betrekking hadden op zowel de organisatie als de inhoudelijke aspecten. De snel veranderende samenleving vroeg om wijzigingen in de onderwijsvoorzieningen voor alle typen onderwijs. Deze veranderingen betroffen onder andere de structuur van het Nederlandse onderwijsstelsel, de differentiatie en integratie van de verschillende onderwijstypen, de curriculumopbouw, de leerplannen en de toegepaste onderwijsmethoden. Vele ideeën en voorstellen, die soms het resultaat leken van een grote veranderingsdrift van de ministers en staatssecretarissen van Onderwijs en Wetenschappen, werden vastgelegd in een groot aantal nota's en (voor)ontwerpen van wet. Door de toenemende belangstelling van het onderwijsveld zelf en de vereiste consultering van allerlei gremia leek de verwarring over hoe het optimale onderwijs er uit moest zien, alleen maar toe te nemen. Dit leidde tot besluiteloosheid bij het parlement en onrust, niet alleen onder de onderwijsgeevenden, maar ook onder de onderwijsvragenden en hun ouders.

Deze veranderingen vonden plaats op alle niveau's en in alle sectoren van het onderwijs. We laten nu achtereenvolgens de belangrijkste ontwikkelingen binnen het middelbaar en universitair onderwijs de revue passeren, gevolgd door een korte samenvatting van het laboratoriumonderwijs.<sup>1</sup>

#### SECUNDAIR ONDERWIJS

Het secundair onderwijs omvat volgens de nota *Naar een structuur voor de ontwikkeling en vernieuwing van het primair en secundair onderwijs* (afgekort *Structuurnota*, Tweede Kamerzitting 1974-1975) van de minister van Onderwijs en Wetenschappen, J.A. van Kemenade, vier typen onderwijs: het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs (VWO), het algemeen voortgezet onderwijs (AVO), het beroepsonderwijs (LBO, MBO en HBO) en andere vormen van voortgezet onderwijs, te weten het onderwijs volgens het leerlingwezen, onderwijs en vorming voor werkende jongeren, het vormingswerk voor de leerplichtvrije jeugd en het schriftelijk onderwijs.<sup>2</sup> In deze sectie zal de aandacht vooral gericht zijn op de ontwikkelingen binnen het VWO. Echt nieuwe ideeën werden hier pas in de jaren zestig doorgevoerd. Bij het beroepsonderwijs en dan speciaal het laboratoriumonderwijs, dat in 1968 in de Wet op het Voortgezet Onderwijs, de Mammoetwet, werd ingepast, veranderde er ook in de jaren vijftig al veel.

### *Periode tot de Mammoetwet*

Aan het begin van de jaren vijftig behoorde op de middelbare school het scheikundeonderwijs tot het verplichte onderwijspakket van alle derde klassen van de HBS en vierde klassen van het gymnasium (2 uur per week) en van de HBS-B- en gymnasium- $\beta$ -opleidingen. Dit laat meteen zien dat slechts een deel van de leerlingen uitgebreid onderwijs in de scheikunde kreeg. De inhoud van de verschillende programma's lag vast, er waren geen keuzemodules. De programma's werden gedictieerd door de eindexameneisen, zoals vastgelegd door de overheid (Eindexamenbesluit). De rijksscholen waren daarnaast ook verplicht het Rijksleerplan te volgen. De meeste bijzondere scholen volgden dat vrijwillig.

Na de Tweede Wereldoorlog kenmerkte het scheikundeonderwijs op de HBS-B en het gymnasium- $\beta$  zich door veel feitenkennis en weinig practicum.<sup>3</sup> Daarin veranderde niet veel in de volgende jaren, hetgeen ook duidelijk blijkt uit de gebruikte scheikundeboeken. Bij het overgrote deel van de scholen werd scheikunde gedoceerd aan de hand van de boeken van S.C. Bokhorst, G.J. van Meurs en H.Ph. Baudet, en R. Feis, en dat bleef zo tot in de jaren zestig. Van het *Leerboek der Scheikunde* van Bokhorst verscheen de eerste druk in 1933 en er volgden er nog meer dan twintig.<sup>4</sup> De aandacht voor het experiment varieerde sterk van school tot school en was afhankelijk van de aanwezige voorzieningen en de interesse van de docent. Tot de jaren vijftig werd vooral in de eindexamenklas practicum gegeven. Iedere school had een apart practicumlokaal. Daarna liep de aandacht voor het practicum sterk terug en werd het vooral gebruikelijk dat de leraar de proeven deed; leerlingenpractica waren er niet of nauwelijks. Nee, de leerlingen keken hoe de leraar 'zorgvuldig 7 gram ijzerpoeder en 4 gram zwavelpoeder mengde en het mengsel in een droge reageerbuis bracht'. Vooral het naar rotte eieren ruikende gas aan het eind van de proef, maakte grote indruk. En dan de Wet van Proust, de eudiometer en de sommen daarover. Het was geen flitsende scheikunde, toch werden veel leerlingen door hun scheikundeleraar aangestoken en vonden zij het leuk genoeg om scheikundestudent te worden. Het practicum behoorde bovendien niet tot het verplichte examenprogramma en kon in geval van tijdnood gemakkelijk worden geschrapt. Dat veranderde in de loop van de jaren zestig met de invoering van de Mammoetwet.

Wel werd er in de jaren vijftig al gediscussieerd over vernieuwingen in het scheikundeonderwijs. Voortrekkers hierbij waren enkele scheikundeleraars die zich gedurende hun hele loopbaan hebben ingezet voor het scheikundeonderwijs: J. Koning,<sup>5</sup> J. Groen, J.W. Schuijl, T.J. Poppema en H. Schouten. Zelfs werd er al gesproken over 'science', de combinatie van scheikunde, natuurkunde en biologie.<sup>6</sup>

### *Mammoetwet*

In 1963 werd voor het secundair onderwijs de Wet op het Voortgezet Onderwijs aangenomen, beter bekend als de Mammoetwet, die pas in 1968 van kracht werd. Met de Mammoetwet deed de HAVO zijn intrede als nieuw schooltype in plaats van de MMS, terwijl de HBS verdween en omgezet werd in het zesjarige Atheneum. Het doel van de Mammoetwet was een duidelijke accentverschuiving te bewerkstelligen in de overdracht van kennis, kunde en vaardigheid, van de zogenaamde 'chalk and talk'-methode, naar vormend onderwijs en naar relevant maatschappelijk-georiënteerd onderwijs.

De invoering van de Mammoetwet ging gepaard met nieuwe leerplannen voor de nieuwe schooltypen. Na een brede onderbouw met veel vakken, zou de leerling in de hoogste jaren van het VWO /HAVO naast de lessen die elke leerling ontving (maatschappijleer, gymnastiek, expressievakken en godsdienstonderwijs) slechts in zeven (VWO) of zes (HAVO) eindexamenvakken lessen kunnen volgen. Deze vakken waren enigszins gegroepeerd naar de oude richtingen A, B,  $\alpha$  en  $\beta$ . Uit het programma bleek dat met de invoering van de Mammoetwet scheikunde niet meer een verplicht examenvak voor de B-kandidaten was. Het was te verwachten

dat voornamelijk die leerlingen scheikunde zouden kiezen die dit nodig hadden bij de voortgezette studie of die het vak echt apprecieerden. De beperking van het aantal vakken bracht met zich mee dat een groter aantal uren beschikbaar was per vak. De gelegenheid werd dan ook aangegrepen om programma's te ontwikkelen, die meer inzicht en meer leerstof omvatten dan de toen geldende HBS-programma's.

De structuur van het AVO en het VWO, zoals vastgelegd in de Mammoetwet, werd gekenmerkt enerzijds door differentiatie en anderzijds door integratie. De differentiatie kwam tot uitdrukking zowel in het aantal schooltypen (MAVO-3, MAVO-4, HAVO, Atheneum en Gymnasium) als in het aantal vakken en de keuzevrijheid binnen die vakken. De integratie moest leiden tot een soepele overgang van het ene naar het andere schooltype, waarbij de mogelijkheid tot overstappen zo lang mogelijk diende te worden opgehouden. Uit gegevens van het Centraal Bureau van de Statistiek over de jaren 1968-1974 blijkt dat bij een overgang na de brugklas naar een ander schooltype, het meestal ging om de overgang naar een lager schoolniveau, terwijl juist de omgekeerde route was beoogd.

### *Heroriëntatie op de leerplannen*

Eén van de pluspunten van de invoering van de Mammoetwet was ongetwijfeld dat een heroriëntatie op de leerplannen in gang werd gezet.<sup>7</sup> Veelal zijn nieuwe programma's ontworpen en nieuwe werkvormen gekozen. Inspecteur Groen, die de verbinding vormde tussen het Ministerie van O&W en het onderwijsveld, was een warm pleitbezorger van vernieuwingen in het onderwijs. Hij had speciale aandacht voor het scheikundeonderwijs en stimuleerde de mogelijkheid om met nieuwe programma's te experimenteren. Hij mocht zich echter als algemeen inspecteur niet bemoeien met de vakinhoud.

Op 6 mei 1968 werd door de toenmalige staatssecretaris van O&W, J.H. Grosheide, de Commissie Modernisering Leerplan Scheikunde (CMLS) ingesteld, onder voorzitterschap van de Wageningse hoogleraar H.J. den Hertog, met de opdracht de modernisering van het onderwijs in de scheikunde ten behoeve van de scholen voor VWO, HAVO en MAVO te realiseren. Verder moest de CMLS advies geven over het leerplan, het eindexamenprogramma en de maatregelen nodig om docenten bij te scholen in de ontwikkelingen van de methodiek en didactiek van het onderwijs in de scheikunde. Bij deze gelegenheid werden door de staatssecretaris onder andere de volgende redenen aangevoerd om de bestaande leerplannen voor scheikunde te wijzigen: (1) de invoering van de Wet op het Voortgezet Onderwijs, de Mammoetwet; (2) de veroudering van de bestaande leerplannen; (3) de noodzaak via het onderwijs te komen tot een betere beeldvorming van de scheikunde – door vele leerlingen werd scheikunde namelijk als een saai, weinig dynamisch vak ervaren; (4) de noodzaak bijzondere aandacht te besteden aan het leerplan voor hen die alleen de allereerste inleiding in de chemie volgden.

Deze laatste leek een heel klemmende reden: toekomstige leidinggevende personen in onze maatschappij dienden te worden geconfronteerd met natuurwetenschappelijke kennis, daar de natuurwetenschappen een integrerend bestanddeel van onze cultuur vormden (en vormen). D.P. den Os, toentertijd secretaris van de KNCV en voorzitter van de CMLS, kwam in 1972 tot de uitspraak dat ongeveer negentig procent van de Nederlanders ouder dan twintig jaar nooit chemieonderwijs had genoten.<sup>8</sup> Daar de problematiek, waarmee de chemicus zich bezig hield, meestal ook betrokken was op het beter functioneren van onze samenleving, leek het toch op zijn minst gewenst dat alle leerplichtigen chemieonderwijs ontvingen, opdat zij enige notie kregen van de betekenis van de chemie. Dit zou enerzijds kunnen inhouden dat ook op de basisschool reeds scheikundeonderwijs moest worden gegeven, terwijl anderzijds een onderwijsprogramma voor volwassenen zou moeten worden ontwikkeld. In het bijzonder voor de laatstgenoemde groep ging in het najaar van 1975 een TV-cursus 'Chemie is Overal' van start met W. Davids als één van de presentatoren.

Indien scheikunde of het vak natuurwetenschappen op de basisschool zou worden ingevoerd, eiste dit wel een aanpassing van de aan de Pedagogische Academies (PABO's) gegeven opleidingen voor onderwijsgeevenden. Uit de gegevens van een in 1970 gehouden internationale enquête blijkt dat de eindexamenkandidaten van de PABO's een veel lagere score behaalden voor de toetsen scheikunde en natuurkunde dan de eindexamenkandidaten van de gymnasia en athenea.

Vóór en naast de CMLS waren er reeds leraren die zich uit onvrede met de bestaande situatie bezonnen op het scheikundeonderwijs en haar implicaties. In 1962 werd er onder leiding van de Wageningse organicus Den Hertog een schets van een nieuw programma koolstofchemie gelanceerd in plaats van het oude programma dat in feite een extract was uit 'Holleman' en vaak getypeerd werd als een kookboek.<sup>9</sup> Bij dit experiment 'moderne organische chemie' vond een verschuiving plaats van veel feiten, ook van reacties die geen of weinig betekenis hadden (zoals de synthese van Wurtz), naar de vraag waarom en hoe de stoffen reageerden, en bepaalde eigenschappen vertoonden. Een werkgroep concretiseerde dat programma en keek daarbij meer naar J.D. Roberts and M.C. Caserio's *Basic principles of organic chemistry*<sup>10</sup> dan naar 'Holleman' of 'Karrer'.<sup>11</sup> Enkele scholen experimenteerden met dit vernieuwde programma en als voorlopig resultaat verscheen in 1967 van de hand van J. Hoekman en A.J. Schoneveld de *Nieuwe inleiding in de organische chemie*.<sup>12</sup> Sinds 1966 bevatten de schriftelijke eindexamenopgaven scheikunde voor de HBS-B speciale, op dit programma afgestelde vragen. Met het nieuwe programma wilde men inzicht geven in de organische chemie en men zocht dat in verklaringen met moderne theorieën. Men ging naast opvattingen over reactiemechanismen ook begrippen als orbitalen, hybridisatie en mesomerie gebruiken. Andere groepen die werkzaam waren op het gebied van de leerplanontwikkeling waren de Werkgroep Empirische Inleiding (WEI) en de werkgroep Theorie Uit Experiment (TUE).<sup>13</sup>

#### *CMLS: uitgangspunten*

De door het Ministerie van O&W ingestelde en van veel financiële steun voorziene CMLS heeft zowel een nieuw leerstofprogramma als een nieuwe didactische aanpak gebracht. Zij zag als belangrijkste bezwaren tegen het vigerende leerplan dat het programma te overladen was, terwijl er tevens te veel nadruk lag op de abstracte theorievorming. Belangrijke bijdragen werden geleverd door de CMLS-medewerkers J.G. Hondebrink, Hoekman en Davids, door de leraren in het veld wel respectievelijk de 'ideoloog', de 'denker' en de 'ambassadeur' genoemd.<sup>14</sup>

Een belangrijk uitgangspunt van de CMLS was dat het derde-klasse-programma een zo goed mogelijk afgerond beeld van de chemie moest geven, omdat het scheikundeprogramma in de derde klas voor veel leerlingen begin- en tevens eindonderwijs was. Daarom werd er ruim aandacht gegeven aan de functie en werkmethode van de scheikunde. Ongeveer dertig procent van het aantal lessen was uitgetrokken voor het leerlingenpracticum.

De algemene doelstellingen die de CMLS definieerde voor een nieuw leerplan scheikunde voor 3-VWO waren: de leerling moest voldoende kennis en inzicht in de chemie hebben om (1) chemie als wetenschap en als onderdeel van de hedendaagse cultuur te kunnen zien, (2) de rol te kunnen herkennen die chemie in de samenleving speelt (bijvoorbeeld in industrie, gezondheidszorg, milieu, beroepen, en de dagelijkse omgeving), (3) de scheikundelessen te kunnen volgen in het onderwijs dat op 3-VWO aansluit. De leerling moest plezier en voldoening beleven aan het gevolgde chemieonderwijs en zich daarin aangesproken voelen in zijn of haar creatieve mogelijkheden.

De CMLS-medewerkers vonden dat de theorie meer verklarend dan stellend moest zijn, terwijl zij de voorkeur gaven aan waarnemingen uit experiment in plaats van experiment als bevestiging. Vandaar dat er drie gespecificeerde doelstellingen waren: kunnen experimenteren,

waarnemingen en conclusies weergeven, en een probleemstelling formuleren met behulp van gebruikelijke chemische begrippen. In het nieuwe leerplan werd daarom aan een leerlingenpracticum een belangrijke plaats gegeven om zo te laten zien dat het scheikundeonderwijs niet tot zijn recht kwam zonder experimenteren. Bovendien hoopten zij hierdoor de belangstelling voor het vak scheikunde te vergroten.

De chemische onderwerpenlijst voor klas 3 omvatte de volgende zeven onderwerpen, waarbij tussen haakjes het aantal aanbevolen lessen, inclusief toetsing is aangegeven: stoffen (19); chemische reacties (7); elementen en verbindingen (6); verbranding (11); moleculen en atomen (13); atoombouw en chemische binding (6); keuzeonderwerpen (5). Om dit programma te kunnen verwezenlijken moest volgens de CMLS aan de volgende voorwaarden zijn voldaan: (1) minimaal twee lessen scheikunde per week voor de uitvoering van het leerplan; en (2) faciliteiten voor het organiseren en uitvoeren van een leerlingenpracticum, waarbij gerekend moest kunnen worden op de beschikbaarheid van (a) een practicumlokaal of een les/practicumlokaal (minimaal 1x per twee lessen), (b) assistentie van een amanuensis, en (c) financiële middelen voor apparatuur en chemicaliën. Dit laatste betrof hoofdzakelijk de normale exploitatiekosten verbonden aan het regelmatig laten uitvoeren van het leerlingenpracticum.

De doelstellingen voor 4- 5- en 6-VWO waren voor een deel gelijk aan die voor 3-VWO. De keuze van de onderwerpen en de diepgang van de behandeling in 4-VWO was zodanig, dat de groep leerlingen in 4-VWO voor wie scheikunde eindonderwijs was, er zoveel mogelijk baat bij had. Dit gold voor bijna de helft van de leerlingen zoals uit de volgende percentages blijkt. In ruwe benadering kan men stellen dat waar in 3-VWO honderd procent van de leerlingen scheikunde volgde, in 4-VWO dit percentage ongeveer tachtig was en in 5- en 6-VWO circa vijftig. Onderwerpen die voornamelijk van belang waren voor degenen, die scheikunde als examenvak kozen, werden in 5- en 6-VWO geplaatst. Aan het programma van 4-VWO werden iets hogere eisen gesteld dan aan dat van 3-VWO. Ook was het van belang dat leerlingen een indruk kregen van wat scheikunde in 5- en 6-VWO zou inhouden, een factor die kon meespelen bij de beslissing om scheikunde al of niet in het examenpakket op te nemen. De CMLS vond dat het aantal benodigde jaaruren scheikunde voor 4-VWO drie zou moeten bedragen en voor 5- en 6-VWO tezamen tenminste zeven jaaruren. Als bijzonderheid kan nog worden vermeld, dat in 6-VWO zelfstandige opdrachten en bijzondere onderwerpen, zoals grensvlakchemie, chemie en energie, chemie in 't groot, katalyse, biochemie en polymeerchemie werden ingevoerd.

In de experimenteerfase van de CMLS bestond het eindexamen uit vragen voor leerlingen van het oude programma, aangeduid met RL (Rijksleerplan) en vragen voor leerlingen van het nieuwe programma, aangeduid met CM. Ieder jaar gaf dat wel enige problemen, omdat leerlingen de verkeerde vragen maakten. Een anekdote vertelt dat een leerling eens zowel de CM- als RL-vragen had gemaakt met als bijzonder resultaat, dat hij alles goed had.

#### *Vergelijking van het CMLS-leerplan met het vigerende Rijksleerplan*

Een vergelijking van het door de CMLS geformuleerde leerplan met het toentertijd vigerende leerplan laat onder andere zien dat een groter gewicht werd gegeven aan wat in het Rijksleerplan 'grondbegrippen' werden genoemd. Een aantal onderwerpen van 3-VWO werd verplaatst naar 4-VWO (inleiding in de ionenleer, eenvoudige ionenreacties met of zonder elektronenoverdracht); van een aantal andere onderwerpen werd de uitwerking beperkter (atoomtheorie, periodiek systeem, organische chemie). Aan de ontwikkeling van de modelvoorstelling van atomen en moleculen werd meer aandacht besteed. Nieuw voor 3-VWO waren de volgende onderwerpen: stofeigenschappen, oplossingen, zuivere stoffen, verbrandingssnelheid, de toestandsaanduiding bij formules. Aparte vermelding verdient de plaats van het leerlingenpracticum; practicum en theorielessen werden zo sterk met elkaar verbonden, dat gesproken kon worden van integratie.

Een ander kenmerkend verschil is, dat de chemische onderwerpen bij de CMLS gerangschikt werden rondom een aantal hoofdonderwerpen, zoals energie en entropie, zuren en basen, reacties met elektronenoverdracht, koolstofverbindingen, stereo-isomerie, macromoleculen, periodiek systeem, atoombouw en chemische binding, en analyse. Nieuwe onderwerpen waren: calorimetrie, chromatografie, spectrometrie, entropie, ionisatie-energie, elektronspin, waterstofbruggen, nucleïnezuren, silicaten, het iso-elektrisch punt, conserveringsmiddelen, en de wet van Nernst.

Uit de basisstof waren de volgende trefwoorden en onderwerpen verdwenen: isobaren, gramequivalent-titer-normaaloplossing, dampdichtheid, vriespuntsdaling en kookpuntsverhoging, colloïden, complexe zouten, de endotherme vorming van NO, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> en CS<sub>2</sub>, de amfoterie van Al en Zn, reacties van halogeenalkanen, carbonitrillen, de reductie en acetaalvorming van alkanalen en alkanonen, de bereiding van melkzuur en van ethoxyethaan, de wet van Guldberg en Waage, overlapping van orbitalen, hybridisatie, sigma- en pi-binding, tautomerie, reactiemechanismen in de organische chemie, reacties van aromatische verbindingen en de verklaring van eigenschappen in groepen en perioden uit de atoombouw. Een aantal van deze onderwerpen, die dus niet meer tot de basisstof behoorden, kwam wel in de bijzondere onderwerpen aan de orde.

Aan de eindexamenopgaven is te zien dat de examens sterk van karakter veranderden. Vóór de CMLS lag het accent vooral op gememoriseerde kennis en veel rekenwerk. De CMLS was meer gericht op toepassing van de kennis op nieuwe situaties. Kenmerkend was dat het bekende tabellenboekje *BINAS* nu bij de eindexamens mocht worden gebruikt.<sup>15</sup> Een ongewenst gevolg was dat de leerlingen steeds minder elementaire feitenkennis hadden en minder bedreven waren in het oplossen van eenvoudige vraagstukken (pH-, oplosbaarheids- en evenwichtsberekeningen). Dit laatste aspect werd door het wetenschappelijk onderwijs (WO) als zeer negatief ervaren. Overigens zou het tot de jaren negentig duren alvorens er van de kant van het WO specifiek aandacht kwam voor de aansluiting VWO-WO.

Hoewel het bovenstaande is toegespitst op het VWO, voltrok zich een soortgelijke ontwikkeling bij de HAVO. In dit type onderwijs werd ook gewerkt met thema's als aardolie, voedsel en water.

### *Effect van de CMLS*

Aanvankelijk werd met het CMLS-programma geëxperimenteerd op 15 scholen, later op 55 scholen, wat tot de nodige bijstellingen leidde.<sup>16</sup> De docenten van de scholen uit deze eerste en tweede ronde hadden een zeer grote inbreng in het CMLS-vernieuwingsproject. De docenten van de eerste ronde scholen, verspreid over Nederland en over de verschillende signaturen, werkten de uitgeschreven teksten na, inclusief alle practicumproeven. Via zes-wekelijkse vergaderingen, die bijna acht jaar lang gehouden werden, kwam een schat aan informatie binnen over de moeilijkheden die leerlingen ondervonden, over de teksten, de opgaven, de proeven en ook over de werkelijk gebruikte lestijd, inclusief de toetsen, in vergelijking tot de beschikbare lestijd. Zo werd duidelijk dat één jaaruur circa 33 lesuren betekende. Tot die tijd ging het Rijksleerplan uit van 40 beschikbare lesuren per jaaruur, wat de overladenheid van de bestaande leerplannen nog eens duidelijk illustreerde.

In 1977/1978 werd door het Ministerie van O & W het adviesleerplan uitgegeven, later op de markt gebracht onder de titel *Chemie*.<sup>17</sup> In 1978 werd de CMLS opgeheven en werd de uitvoering overgedragen aan de Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO) te Enschede. Overigens is het CMLS-leerplan nooit verplicht geweest. In de bloeiperiode volgde zestig tot zeventig procent van de scholen dit leerplan. De grote winst van het nieuwe leerplan was ongetwijfeld dat het practicum een prominente plaats kreeg in het programma en dat er duidelijke aandacht was voor het

kunnen toepassen van de opgedane kennis bij het oplossen van theoretische en praktische problemen. Een minpunt lijkt toch dat het programma te veel was gericht op diegenen die later in hun studie scheikunde nodig hadden, ongeveer vijf procent van de leerlingen, en niet op de ‘burger’ die chemie in zijn maatschappelijk en politiek functioneren zou kunnen tegenkomen.

Sinds 1978 werd de inhoud weer regelmatig bijgesteld, hoewel de reden vaak was dat er minder tijd voor scheikunde beschikbaar was in de lessentabel. Het gevolg hiervan was dat er minder tijd werd besteed aan de meest tijdrovende onderdelen en dat was in de allereerste plaats het leerlingenpracticum. Ook werd er regelmatig geschoven in de moeilijke theoretische onderwerpen: de inleiding in de thermodynamica (met vooral aandacht voor het begrip entropie) moest plaats maken voor kwantummechanische begrippen, doch in het huidige programma zijn beide onderwerpen geschrapt. Het lijkt erop dat bijstellingen vaker *ad hoc* werden doorgevoerd omdat de onderwerpen te moeilijk waren, of het programma te overladen was, dan op didactische gronden.

Ondanks alle vernieuwingen is het imago van de chemie ook bij leerlingen van het VWO achteruitgegaan: chemie blijft moeilijk en saai en bovendien worden de chemici aangemerkt als de grote milieuvvervuilers. Allerlei slogans als ‘Scheikunde een vak met toekomst’ ten spijt en ondanks de lesbrieven over actuele onderwerpen en interessante ontwikkelingen, de *Chemische feitelijkheden* van de KNCV, de onderwijs‘specials’ van de VNCI of de kleurenbrochures van de universiteiten, is de belangstelling voor scheikunde steeds verder gedaald, een daling al die bij de invoering van de Mammoetwet begon (zie tabel 3.1).

Tabel 3.1: Aantallen eerstejaars studenten in chemie en chemische technologie

	1969/70	1970/71	1971/72	1972/73	1973/74	1974/75	1975/76
chemie	771	739	652	612	271	439	411
chemische technologie	438	428	345	205	78	163	206
totaal	1209	1167	997	817	349	602	617

Bron: ‘Steeds minder chemie-studenten’, *Chemisch Weekblad* 72 (12) (19 mrt. 1976), 1.

Opmerking: De zeer lage aantallen in 1973/74 zijn het gevolg van de overgang van de 5-jarige HBS naar het 6-jarige Atheneum.

## UNIVERSITAIR ONDERWIJS

Onder het tertiair onderwijs moeten we volgens het Voorontwerp van Wet Ontwikkeling Hoger Onderwijs (mei 1973) alle onderwijs verstaan, dat volgt op het secundair onderwijs en dat in de regel bestemd is voor 18-jarigen en ouder. We zullen in deze sectie ingaan op de ontwikkelingen binnen de universitaire opleidingen: het programma van na de Tweede Wereldoorlog, de veranderingen in de jaren zeventig en de Twee-Fasen-Structuur (TFS).

### *Het programma in de periode tot circa 1965*

In de jaren vijftig en zestig duurde de universitaire scheikundeopleiding zeven tot acht jaar, vier jaar voor het kandidaatsexamen en daarna nog eens drie tot vier jaar voor het doctoraalexamen. In die tijd was het studieprogramma niet scherp afgebakend. Er waren de twee genoemde examens, maar de tijd die aan de studie voor deze examens moest worden besteed, stond in het geheel niet vast.



Was het kandidaatsprogramma nog tamelijk omljnd (met keuze uit e, f of g, na 1965 aangeduid met respectievelijk S3, S1 en S2, zie tabel 3.2), de doctoraalstudent bleef bezig met praktisch werk tot het laatste tentamen werd afgelegd (studie vooral in de avonduren). De voordelen waren dat er gedegen doctorandi werden afgeleverd, die weliswaar niet meer zo jong waren, maar kwalitatief hoog scoorden. Toch vond niet iedereen deze vorm van opleiding tot scheikundige de meest ideale.<sup>18</sup>

Tabel 3.2: *Typen kandidaatsexamens scheikunde*

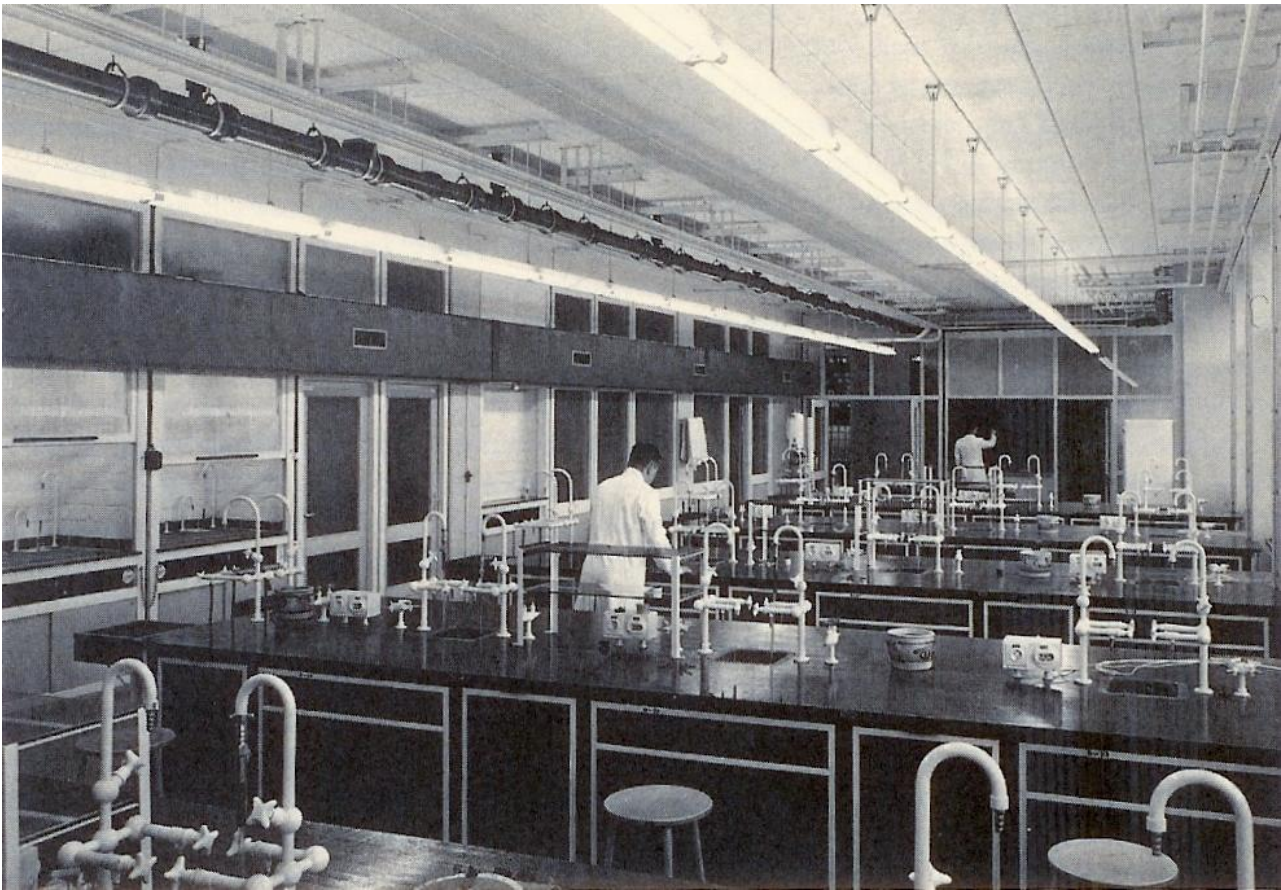
<i>kandidaatsexamen</i>	<i>hoofdvak(ken)</i>	<i>bijvak(ken)</i>
S1 (f)	scheikunde	wiskunde natuurkunde mineralogie
S2 (g)	scheikunde	wiskunde natuurkunde biologie (plantkunde)
S3 (e)	scheikunde natuurkunde	wiskunde
S4	scheikunde wiskunde	natuurkunde

Opmerking: Vanaf de op 1 november 1965 ingegane herziening van het Academisch Statuut werden de kandidaatsexamens aangeduid met S (tussen haakjes de tot die datum gebruikte aanduiding). S1 was het minst gespecialiseerd; S2 het meest geschikt voor hen, die zich in de biochemische richting wilden specialiseren; S3 gaf toegang tot zowel het doctoraalexamen scheikunde als natuurkunde; S4 was een nieuw examen, vooral bedoeld voor theoretisch chemici.

Een belangrijk deel van de tijd werd ingenomen door practica. Het was niet ongebruikelijk dat de student in het eerste en tweede jaar van de studie iedere middag aan de labtafel doorbracht. De aard van de practica was in het eerste jaar veelal analytisch georiënteerd, met veel aandacht voor wegen met de balans met omkeerpunten, gravimetrie, titreren en de kwalitatieve analyse met H<sub>2</sub>S-Kipp en blaaspijp; zelfs silicaatanalyse hoorde in het programma thuis. In het tweede jaar waren de experimenten meer gericht op de organische synthese. Het synthetiseren van zo'n 15 verbindingen, waartoe een aantal 3- tot 4-trapssyntheses behoorde, was heel gebruikelijk. De instrumentele analyse had nog nauwelijks zijn intrede gedaan; alleen eenvoudige elektrochemische en spectrometrische analyses behoorden tot het basispakket.<sup>19</sup>

De theoretische scheikundevakken hadden onder andere betrekking op analytische, organische, fysische en anorganische chemie en kristallografie; aan sommige universiteiten in beperkte mate ook op biochemie. De laatste discipline was in opkomst en zou uitgroeien tot een in de jaren zeventig en tachtig zeer populaire hoofdrichting voor het doctoraalexamen. Theoretische chemie, met vooral kwantumchemie, deed in de jaren zestig zijn intrede. Farmacochemie als scheikundediscipline kwam in de jaren zeventig tot ontwikkeling. Klinische chemie was een specialisatie waarvoor na het doctoraalexamen een tenminste driejarige in-serviceopleiding in ziekenhuislaboratoria moest worden gevolgd.<sup>20</sup> Veel later kwamen vakken als milieuchemie, chemische informatica en chemometrie erbij. Uiteraard waren bij de TH's ook andere disciplines te volgen, zoals technische scheikunde en polymeerchemie.

Er was een aanzienlijk verschil tussen de studie-inhoud aan de universiteiten en aan de oudste TH in Nederland, de TH Delft. Het gezicht van de 'scheikundige technologie' aldaar werd aanvankelijk mede bepaald door de opleiding tot mijnbouwkundig ingenieur en 'suiker-ingenieur'.



*Figuur 3.1: Toen de vanaf 1955 de studentenaantallen scheikunde in rap tempo begonnen te stijgen voldeden de oude practicumlokalen niet meer. In de jaren zestig bouwden alle Nederlandse universiteiten nieuwe laboratoria. Een van de eerste was het nieuwe Chemisch Practicumgebouw van de Universiteit van Amsterdam aan de Plantage Muidergracht, dat in oktober 1962 werd geopend. De lichte, ruime practicumzaal op de tweede verdieping oogde bepaald anders dan de traditionele donkere, bruinhouten lokalen uit het begin van de eeuw die tot dan toe hadden dienst gedaan (zie CW 58 (1962), 504-506).*

Het handwerk vormde een belangrijk onderdeel van het onderwijsprogramma, zoals dat ook het geval was bij de Duitse Technische Hochschulen. De later gestichte TH Eindhoven en TH Twente waren vanaf het begin meer Amerikaans georiënteerd; vanaf de oprichting had het fundamentele onderzoek een duidelijke plaats in het curriculum.<sup>21</sup> Een gevolg hiervan was dat universiteiten en TH's wat betreft hun onderwijs en onderzoek steeds meer op elkaar gingen lijken. Te meer toen bij sommige universiteiten 'chemische technologie' als afstudeerrichting werd geïntroduceerd, zoals in 1960 in Groningen (vanaf 1970 kregen de afgestudeerden in die hoofdrichting het recht de titel ir te voeren).<sup>22</sup>

Een ander verschil tussen het onderwijs aan de TH's en aan de universiteiten in de eerste studiejaar werd gevormd door de aanwezigheid van instructeurs bij de TH's, al in de jaren vijftig. Zij maakten in werkgroepen met de studenten vraagstukken over de op college behandelde stof. Bij de universiteiten werden behalve de hoorcolleges en practica nauwelijks andere werkvormen gehanteerd. De studenten werden bij de bestudering van de tentamenstof, hoewel het ging om een omvangrijke hoeveelheid stof (geen deeltentamens), min of meer aan hun lot overgelaten. Het was belangrijk op de colleges zoveel mogelijk aantekeningen te maken, want collegedictaten bestonden er nauwelijks. Via ouderejaars moest men zien te achterhalen wat voor typen vragen de hoogleraren bij de meestal mondeling afgenomen tentamens stelden; tentamenbundels waren er niet.

Het was dan ook niet ongebruikelijk dat studenten na een tentamen werden opgewacht door jaargenoten die hen meteen uithoorden over de gang van zaken op het tentamen, en aan welk deel van de stof vooral aandacht moest worden besteed. De meeste studenten moesten in het laatste jaar vóór het kandidaatsexamen nog veel tentamens afleggen, wat vaak tot een grote vertraging leidde of zelfs tot het afbreken van de studie na vier jaar. Dit was volgens A.H. Verdonk van de Universiteit Utrecht ook te verwachten, daar het rendement van de studie groter was naarmate de 'sociale' controle groter was. Practica hadden daarom een hoog doorstroompercentage. Dat bleek ook uit het gegeven dat vrijwel alle studenten in het eerste jaar het practicum met een voldoende afsloten en dat studenten die uiteindelijk afvielen, toch het langst op de practica waren blijven hangen.

#### *Veranderingen in de tweede helft van de jaren zestig en in de jaren zeventig*

Eind jaren zestig verschenen er uitgebreide studiegidsen en werden werkcolleges geïntroduceerd. Veel tentamens, zeker vóór het kandidaatsexamen werden nu schriftelijk afgenomen en de tentamenopgaven gingen circuleren. Ook werd in deze periode de roep tot verkorting van de studieduur steeds vaker en indringender gehoord. De totale studieduur moest van zeven à acht jaar worden teruggebracht naar zes jaar, en later zelfs naar vijf jaar, terwijl in 1982, toen de TFS van start ging, de studieduur nog maar vier jaar was. Dit betekende een voortdurend bijstellen van de studieprogramma's, met vooral inkrimping van de practica; de tijdsduur werd niet meer aan de student overgelaten, maar precies vastgelegd. Er trad een steeds verdergaande verschooling op, met een duidelijk vastgesteld practicum- en tentamenschema. Deze veranderingen leidden ook tot een bezinning op de inhoud van het studieprogramma.

Er werd in de aangegeven periode aan de TH's en universiteiten uitvoerig aandacht geschonken aan de inhoud van de practica, zoals uit onderstaande voorbeelden blijkt. Bij de TH Eindhoven maakten de studenten scheikundige technologie vanaf het begin van de jaren zestig kennis met een grootschalige proefopstelling om de sfeer van hun latere werkomgeving reeds te leren kennen. Dit verplichte examenonderdeel van één week in het derde studiejaar voor alle studenten scheikundige technologie kreeg weldra de naam 'Zoutlijn'.<sup>23</sup> Er werd namelijk gekozen voor een kopie van een zoutindampinstallatie zoals destijds in gebruik voor de productie van keukenzout. De ontwerpcapaciteit bedroeg 100 kg droog zout per uur. Tijdens de productie werden meetstaten ingevuld met zoutconcentraties, debieten en temperaturen die na afloop werden uitgewerkt in massa- en energiebalansen. Meestal werden de studenten dan negatief verrast door tegenstrijdige meetresultaten, wat leidde tot een creatieve interpretatie ervan. Na ongeveer 25 jaar trouwe dienst begonnen de corrosieve omstandigheden en het discontinue gebruik hun tol te eisen. Dit heeft ertoe geleid dat rond 1985 de laatste 'zoutlijn' gedraaid werd, waarna overgestapt werd op meer moderne, maar zeker minder inspirerende processimulaties met behulp van computers.<sup>24</sup>

Een inhoudelijke vernieuwing was ook de invoering van 'geïntegreerde practica' in de jaren 1962-1964. De Rijksuniversiteit van Leiden had de primeur van de invoering van een voor alle eerstejaarsstudenten gegeven 'geïntegreerd practicum', eerst onder practicumleider Den Os, en daarna onder A.P. Zuur. De doelstellingen van dit practicum waren: (1) het verkrijgen van een overzicht van de chemie en vooral van de samenhang tussen de verschillende methoden; (2) het verkrijgen van praktische vaardigheid in het gebruik van conventionele en instrumentele analysetechnieken, die als basis diende voor de verdere studie; (3) het introduceren van onderzoek: literatuuronderzoek, experimenten ontwerpen en uitvoeren, verslaglegging van de resultaten, en (4) het laten zien van de reikwijdte van verschillende technieken en methoden.

Dit practicum werd gezien als de kern van het eerstejaarsonderwijs en als gezamenlijke verantwoordelijkheid van alle leerstoelen. Het geïntegreerd practicum bestond uit proevenseries, waarin allerlei chemische disciplines aan de orde kwamen. In het eerste semester ging het om proeven waarin een type verbinding centraal stond (aluminiumverbindingen, vetten en zepen,

eiwitten en aminozuren). In het tweede semester waren de proeven gegroepeerd rondom begrippen die in elk specialisme binnen de chemie van belang zijn (macromoleculen, zowel natuurlijke als synthetische, isomerie in de organische en anorganische chemie, reactiesnelheid en evenwichten, radiochemie). Om het practicum up-to-date te houden werd jaarlijks ongeveer twintig procent van de proeven vernieuwd.

Aan de Rijksuniversiteit te Utrecht werd in 1965 een 'proefpracticum algemene chemie' opgezet voor een beperkt aantal eerstejaarsstudenten, waarbij integratie betekende dat alle vakken aan bod kwamen.<sup>25</sup> In het proefpracticum stond een aantal onderzoeksthema's centraal. Het aanleren van technieken en vaardigheden was zo geen doel op zichzelf, maar functioneerde in het kader van het onderzoeksthema. Eind jaren zestig is het practicum algemene chemie in Utrecht voor alle studenten ingevoerd, zowel in het eerste als tweede jaar. Maar in de jaren zeventig bleek dat het moeilijk was geïntegreerde proeven te ontwikkelen op een hoger niveau. Dit leidde eerst tot de afschaffing van het practicum algemene chemie in het tweede jaar, gevolgd door afschaffing in het eerste jaar.

In 1978 werd gestart met het practicum 'meten/maken'. Het practicum 'meten/maken I', waarin alle basisvaardigheden aan de orde kwamen, werd gevolgd door het practicum 'meten' met proeven op het gebied van de analytische en fysische chemie en de fysica, en het practicum 'maken' met proeven op het gebied van de anorganische en organische chemie. Dit practicum heeft vele jaren gefunctioneerd.

Bij de TH Twente was vanaf het begin (1964) veel aandacht voor interdisciplinaire aspecten van wat ingenieurs moesten weten en kunnen.<sup>26</sup> In het eerste jaar was er een practicum 'algemene chemie' met onder andere enkele procestechnologische proeven en in het tweede jaar een practicum 'synthese, analyse en karakterisering', gevolgd door een onderzoekje. In het derde jaar was er nog een uitgebreider procestechnologisch practicum, daarna kwamen de keuzepractica. In het onderwijs van de afdeling Chemische Technologie is het practicum altijd een aparte 'lijn' geweest, met eigen doelstellingen. Eén van de hoogleraren had als 'practicumdocent' de eindverantwoordelijkheid voor alle practica (eerst P.J. Gellings, daarna J. Schuijjer).

Ook de andere universiteiten en TH's volgden met een geheel eigen invulling van de practica, vaak niet echt geïntegreerd.<sup>27</sup> Toen in een volgende periode de studieduurverkorting tot vijf jaar werd doorgezet, werd er aanzienlijk op de practicumtijd bezuinigd en werden de geïntegreerde practica bekort of helemaal over boord gezet, vanwege te beperkte tijd en het feit dat de afdelingen meer zeggenschap over de inhoud wilden hebben en zelf de beschikbare tijd wilden invullen.

Een andere belangrijke vernieuwing in het studieprogramma was het in 1965 in Leiden gestarte tweedejaarspracticum 'organische chemie', waarin het leren doen van onderzoek centraal stond. In die tijd had het practicum organische chemie een omvang van 20 weken, 3 dagen per week. In de eerste 6 tot 8 weken vond een basistraining plaats in de synthese van organische verbindingen die 5 'small scale'-synthesen omvatte, gevolgd door 5 synthesen op grotere schaal. Deze verbindingen werden door de studenten zelf geanalyseerd met technieken zoals dunnelaagchromatografie, gaschromatografie en infraroodspectroscopie. In het tweede deel werkten ze aan een researchproject, dat door de assistent was bedacht en meestal een deelprobleem van diens eigen onderzoek was (promotie of hoofdvakonderzoek). In vele gevallen werden bruikbare resultaten verkregen, zodat de assistenten deze tijd niet meer beschouwden 'als voor het eigen onderzoek verloren tijd'.<sup>28</sup>

### *Colleges en tentamens*

Bij de colleges aan verschillende universiteiten trad een verschuiving op van beschrijvende chemie naar meer algemene principes. Er werd veelal aansluiting gezocht bij de meer functionele indeling van de scheikunde in 'structuur, dynamica en synthese', zoals deze in de jaren zestig door



*Figuur 3.2: In augustus 1970 werd in de TV-studie van de faculteit der wiskunde en natuurwetenschappen van de Katholieke Universiteit in Nijmegen het college algemene chemie opgenomen, gegeven door J.J. Steggerda, van 1962 tot 1994 hoogleraar algemene en anorganische chemie aan die universiteit (zie CW 16 juni 1971, 13-14).*

G.S. Hammond was geïntroduceerd.<sup>29</sup> Het onderwijs in natuurkunde en wiskunde verschoof van een theoretische benadering naar ‘problem solving’. De hoorcolleges namen nog steeds een belangrijke plaats in. Parallel aan of in plaats van hoorcolleges werden werkcolleges aan groepen van 10-20 studenten gegeven over specifieke onderwerpen en voor het oefenen van vraagstukken over de behandelde stof. Aan de Katholieke Universiteit Nijmegen werd een college ‘algemene chemie’ van J.J. Steggerda op video opgenomen, zodat de studenten zelf het tijdstip konden bepalen waarop ze het college wilden beluisteren. Het werd geen blijvend succes: “De videobanden met algemene chemie-lessen, ze zijn vergeten”, schreef Steggerda later in zijn terugblik op die tijd.<sup>30</sup> Tot het midden van de jaren zeventig werden moderne audiovisuele middelen nauwelijks gebruikt; enerzijds omdat de faciliteiten onvoldoende waren, anderzijds omdat veel docenten twijfelden aan het nut van deze middelen.

Door de grote aantallen studenten werden de tentamens steeds vaker schriftelijk afgenomen, er werd steeds minder feitenkennis getentamineerd, de tentamens werden meer toepassingsgericht. Bij de TH Delft introduceerde H. van Bekkum voor het vak organische chemie (eerste en tweede jaar) omstreeks 1970 ‘open boek’-tentamens. Andere docenten volgden deze manier van tentamineren. Voor het vak ‘chemie en industriële organische producten’ ging Van Bekkum over tot het laten schrijven van een kleine scriptie. Iedere student schreef die na overleg met de docent over zijn eigen product. Zowel de docent als de studenten waren zeer enthousiast over deze wijze van tentamineren.

*Bijzondere disciplines: didactiek, algemene vorming, chemie en samenleving*

Bijzonder voor de Nederlandse universitaire situatie was de samenwerking van de afdeling Chemische Technologie van de TH Twente met het in 1971 opgerichte *Centrum voor Didactiek en Onderwijsresearch*. De medewerkers H. Kramers-Pals en A. Pilot startten een project dat zich

richtte op zelfstandig leren met ondersteuning door schriftelijk studiemateriaal en met frequente tussentijdse toetsing. Het eerste ‘individueel studiesysteem’ werd ontwikkeld voor materiaalkunde. Omstreeks 1980 werden de toetsen vervangen door diagnostische computertoetsen. Ook voor het vak fysische chemie werd een dergelijk systeem ontwikkeld. Het bleek dat de werkvorm wel geschikt was voor het verwerven van de basiskennis, maar minder voor het leren oplossen van meer complexe opgaven op tentamenniveau. Dit probleem was mede aanleiding tot het starten van het project ‘Leren oplossen van natuurwetenschappelijke problemen’.

Bij de Rijksuniversiteit Utrecht wilde men het innovatieproces in het scheikundeonderwijs ondersteunen met onderzoek van chemisch onderwijs. Dit leidde tot het besluit om een voor Nederland unieke groep Chemiedidactiek in te stellen. Als hoogleraar werd in 1979 de anorganicus Verdonk aangesteld. Zijn oratie had als titel: *Chemiebeoefening als universitair onderwijsleerproces*. Verdonk en zijn medewerkers onderzochten specifiek de wijze van kennisoverdracht in het secundaire en tertiaire chemieonderwijs, en ontwikkelden vakdidactische theorieën, waarbij de interactieprocessen van studenten onderling en van student en docent centraal stonden.

Aan de Vrije Universiteit te Amsterdam en de Katholieke Universiteit Nijmegen werd vanaf de oprichting onderwijs gegeven in de filosofie. Men boogde daarmee een bijdrage te geven aan de ‘algemene vorming’ door integratie van vakkennis en geloofsovertuiging. Ook behoorde de geschiedenis der natuurwetenschappen als verplicht onderdeel tot het curriculum van de subfaculteit Scheikunde aan de Vrije Universiteit.

In de Wet op het Wetenschappelijk Onderwijs van 1960 was de bepaling opgenomen dat universiteiten mede de bevordering van het maatschappelijk verantwoordelijkheidsbesef tot taak hadden. Vaak ontwikkelden de universiteiten daarvoor allerlei Studium Generale-activiteiten. In de roerige jaren zestig werd er vanuit de studenten druk uitgeoefend om Chemie en Samenleving als vast onderdeel in het curriculum op te nemen. Elke universiteit gaf daaraan zijn eigen invulling.<sup>31</sup> In Utrecht vormde zich in 1968 vanuit de studenten de groep ‘Plastic People Chemistry’, die universitair en industrieel onderzoek zeer kritisch beschouwde. Samenwerking tussen deze groep en de subfaculteit scheikunde leidde van 1969 tot 1972 tot gemeenschappelijke discussiecycli ‘Gamma-Chemie’.<sup>32</sup> Later formeerde zich voornamelijk van de kant van de studenten de Werkgroep Projectonderwijs (WPO), die koos voor projectonderwijs als beste onderwijsvorm. Deze groep zag onderwijs en onderzoek niet los van de politiek en zij wilde slechts maatschappelijk relevant onderzoek doen. Toen de subfaculteit Scheikunde deze projectgroep na een experimentele periode niet langer meer wilde steunen, ging de groep over in de Chemiewinkel Utrecht.<sup>33</sup>

Bij de TU Eindhoven groeide Chemie en Samenleving uit tot een veelzijdig project. Aanvankelijk kenmerkte het project zich door een docent-gestuurd onderwijsregime, later door een student-gestuurd onderwijsregime, waarbij de begeleiding plaats vond door ouderejaarsstudenten en het projectonderwerp door studenten zelf werd gekozen. Eén van de doelstellingen was het over de grenzen van het eerste jaar heen kijken om een indruk te krijgen van wat er in de faculteit, de samenleving en het bedrijfsleven gaande was. Gekozen onderwerpen waren bijvoorbeeld: anabolica in de topsport, toevoegingen aan benzine, de groene koelkast, chemie en criminaliteit, en verven op waterbasis.

### *Studiebegeleiding*

Het was ook in deze tijd dat studiebegeleiding en -adviesing geleidelijk aan hun intrede deden. Elke universiteit deed dat op zijn eigen manier met een mentor- en/of tutorsysteem. De studiebegeleiding had onder andere tot gevolg dat de faculteiten beter inzicht kregen in de algemene problemen van bestaande studieprogramma’s en -schema’s, de structurering in de tijd en de zwaarte. Later leidde dit tot het instellen van onderwijscommissies, die de studieprogramma’s

vaststelden en evalueerden. Daarnaast werden er onderwijscoördinatoren en -adviseurs aangesteld, die betrokken waren bij het opstellen van de studieprogramma's en roosters, het geven van studievoorzichting en het bespreken van mogelijke en gewenste vakkencombinaties.

### *Interdisciplinaire opleidingen*

Een geheel nieuwe ontwikkeling in Nederland was de aanzet tot de oprichting van een studierichting 'moleculaire wetenschappen' in Wageningen, in 1967 gegeven door de hoogleraren Den Hertog en J. Lyklema.<sup>34</sup> Op grond van Den Hertogs ervaringen bij de 'School of Molecular Science' in Warwick (Engeland) werd een studieprogramma ontwikkeld in het grensgebied van chemie, fysica en biologie met de chemie als basis en gecombineerd met een toepassingsgericht studiemodel. Aanvankelijk, bij de start van de opleiding in 1970, werden drie oriëntaties/specialisaties onderscheiden: chemisch, chemisch/fysisch en chemisch/biologisch. In 1980 volgde een biotechnologische specialisatie. De 'moleculaire' benadering, waaraan de opleiding zijn naam ontleende, kwam tot uiting in een uitgebreide aandacht voor de fysische chemie, de organische chemie en de biochemie, als basis voor het bestuderen van biologische, landbouwkundige en technologische onderwerpen.

In 1969 werd aan de Vrije Universiteit te Amsterdam binnen de subfaculteit Scheikunde op initiatief van W.Th. Nauta gestart met een doctoraalopleiding 'farmacochemie'.<sup>35</sup> Het programma was gebaseerd op een basisopleiding in chemie. Een kandidaatsprogramma S2', het meest geschikt voor farmacochemie, omvatte wiskunde, natuurkunde, structuur en binding, de basisprincipes van de verschillende scheikundedisciplines en daarnaast de volgende medisch-biologische vakken: chemische fysiologie, celbiologie, algemene pathologie, moleculaire farmacologie en microbiologie.

In de jaren zeventig vervaagden de grenzen tussen de verschillende scheikundedisciplines steeds meer, en waren inter- of multidisciplinaire studies sterk in opkomst.<sup>36</sup> Aan de Universiteit van Amsterdam kon een hoofdrichting 'milieuchemie' worden gekozen. Het ging hierbij om toepassing van chemische principes op milieuproblemen. Het algemene researchthema was gerelateerd aan milieudegradatie, metabolisme en toxische effecten van verbindingen, met nadruk op verbindingen met biologische effecten op lange termijn. Bij andere universiteiten was milieuchemie vaak ondergebracht bij een traditionele chemische discipline zoals analytische chemie.

Bij de Landbouwhogeschool Wageningen werd in september 1970 een vijfjarige studie 'milieuhygiëne' ingesteld.<sup>37</sup> Het programma omvatte zes centrale onderwerpen: bodem- en luchtverontreiniging, waterzuivering, toxicologie, hygiëne en natuurbescherming. Daarnaast konden de studenten nog kiezen uit meteorologie, hydrobiologie, statistiek en instrumentele analyse. In de afstudeerfase deden de studenten onderzoek in één van de specialismen lucht, water of bodem. De TH Twente bood binnen de afdeling Chemische Technologie verschillende 'milieucursussen' aan, zoals waterverontreiniging en zuivering, chemische processen in water, bodem en lucht, en het verwerken van afvalproducten. Daarnaast ontwikkelde de TH Twente een opleiding die gericht was op 'technologie en management', met vakken als macro-economie, sociale psychologie, rechten, procesdynamica en procestechnologie.<sup>38</sup>

In 1973 werd aan de Rijksuniversiteit Groningen begonnen met een doctoraalopleiding in de 'vrije chemie', gericht op het functioneren van de natuurwetenschappen in de maatschappij.<sup>39</sup> Na het kandidaatsexamen konden de studenten de helft van de te behalen studiepunten voor het doctoraalexamen kiezen binnen de studierichting vrije chemie, de overige punten in één van de scheikundespecialisaties. De studie omvatte drie fases. In de inleidende fase (twintig procent van de beschikbare tijd) moesten naast de traditionele vakken vier onderwerpen uit verschillende richtingen worden bestudeerd, te weten wetenschapsfilosofie, sociologie, economie en statistiek. De bedoeling van fase 2 was de studenten inzicht te verschaffen in de methodologie en werkwijze van

één van de volgende vakgebieden: sociologie, economie, arbeids- en organisatiesociologie of sociale psychologie. Deze fase omvatte dertig procent van de beschikbare tijd. Fase 3 was een onderzoeksfase, waarbij problemen werden onderzocht die verband hielden met de energievoorziening, met speciale aandacht voor energiebronnen en voorraden, verbruik en efficiëntie, lange-termijnaspecten, invloeden op het milieu en de relatie tussen energieverbruik en sociaal-economische structuren.

#### *De Twee-Fasen-Structuur: herstructurering van de WO-curricula*<sup>40</sup>

In de jaren zestig werd zowel van industriële zijde als van de kant van het ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen aangedrongen op een verkorting van de studieduur van het kandidaatsexamen.<sup>41</sup> In 1967 kondigde minister-president P.J.S. de Jong in de troonrede aan dat er een nota zou verschijnen over de herstructurering van het wetenschappelijk onderwijs en de studieduur. Daartoe benoemde minister G.H. Veringa op 2 november 1967 de Eindhovense hoogleraar algemene chemie K. Posthumus tot regeringscommissaris in het WO.<sup>42</sup> Bijna een jaar later, op 24 oktober 1968, verscheen een discussienota van Posthumus over onderwijshervorming van het WO, met de titel *De universiteit: doelstellingen, functies, structuren*. Minister Veringa zei in het 'Ten Geleide' van deze nota, dat door de schaalvergroting in het WO nieuwe organisatiepatronen en structuren moesten worden geschapen. Het belangrijkste punt uit de nota was de structurering van het WO in de tijd: vier jaar tot aan het doctoraalexamen was voldoende.<sup>43</sup>

In 1969 en 1970 volgden voortgangsnota's en op 26 april 1971 diende Veringa bij de Tweede Kamer het 'Wetsontwerp herstructurering wetenschappelijk onderwijs' in.<sup>44</sup> Na nog een aantal nota's, uitvoerige discussies en wijzigingen namen in het parlementaire jaar 1973-1974 minister Van Kemenade en staatssecretaris G. Klein uit het kabinet-Den Uyl het wetsontwerp-Veringa over. Zij waren van mening dat een grotere deelname van studenten uit alle lagen van de bevolking aan het hoger onderwijs niet te verenigen was met de bestaande lange opleidingsduur (mediane duur 7,2 jaar). Voorts hoopten zij dat het nog altijd stijgende percentage uitvallers bij het WO (dertig tot veertig procent) verminderd kon worden. Op 15 mei 1974 nam de Tweede Kamer met overgrote meerderheid het wetsontwerp aan. Dit gebeurde tegen het advies van de Academische Raad en van de universiteiten en TH's.<sup>45</sup> Vooral door de studenten werd heftig actie gevoerd tegen de invoering van deze wet. Massale protestbijeenkomsten vonden plaats. De studenten waren furieus, te meer daar volgens hen niet onderwijskundige, maar financiële redenen het belangrijkste argument vormden. Zij spraken zelfs van 'wegwerpdoctorandi'. Het mocht allemaal niet baten: in 1978 werd de wet van kracht.

De universiteiten kregen met de in het wetsontwerp opgenomen 'uitgangspunten' de randvoorwaarden waarbinnen de zogeheten 'herprogrammering' zich moest voltrekken. De door minister Van Kemenade tijdens de in mei 1975 over de herstructurering gehouden kamerdebatten geuite veronderstelling, dat verschillende universitaire curricula konden worden verkort door een betere organisatie van de opleiding, gold in elk geval niet voor de scheikundeprogramma's. Uiterlijk 1 mei 1977 moesten de universiteiten hun programma's voorleggen aan de minister van O&W. Dit moest gebeuren via de Academische Raad, die zijn oordeel en het advies van de betrokken sectie moest bijvoegen. Beoordeling van het programma zou plaats vinden aan de hand van een aantal gegeven 'toetsingscriteria'.

De universiteiten werden bij de herprogrammering terzijde gestaan door de Commissie Voorbereiding Herstructurering Wetenschappelijk Onderwijs (CVHWO), beter bekend als de commissie-Wiegersma, die ingesteld werd door de Academische Raad. Tot haar taak behoorde het stimuleren van het interuniversitaire overleg met betrekking tot de herziening van de programma's. De commissie had verschillende werkstukken het licht doen zien en eindeloze discussies vonden plaats over de zogenaamde 'eindtermen', die het geheel van kennis en vaardigheden beschreven die



de student aan het einde van een bepaalde fase zou moeten bezitten.<sup>46</sup> Deze moesten zowel voor de propedeuse als de voor doctorale en eventuele post-doctorale fasen worden opgesteld. In elk geval moest bij de herprogrammering aandacht worden besteed aan de eisen met betrekking tot de vooropleiding (vereist VWO-diploma met wiskunde en natuurkunde), cursus- en inschrijvingsduur, eindtermen, bevoegdheden, getuigschrift en titel, postdoctorale studiemogelijkheden en postacademisch onderwijs.

### *Varianten*

Uit de Wet Herstructurering WO en de toelichtende nota bleek dat de minister van O&W een structuur voorstond met een gemeenschappelijke basisopleiding, die echter wel langer dan één jaar mocht duren, gevolgd door een gedifferentieerde doctorale fase (het Delta-model). De differentiatie in het onderwijsprogramma moest tot uitdrukking komen in een variatie van de eindtermen. De variatie en differentiatie mocht echter niet zo ver worden doorgevoerd dat de eenheid van algemene doelstelling van het WO en de ongedeeldheid van de civiele effecten van de doctoraal diploma's zouden worden verstoord. Er werd voor het doctoraal examen gedacht aan drie 'varianten', dat wil zeggen differentiëringmogelijkheden gericht op de latere beroepsuitoefening: een onderzoek-, een professionele, en een algemene variant.

De universitaire scheikundeopleiding kende eigenlijk alleen de 'onderzoek-' of 'wetenschappelijke variant', hoewel ook in die tijd slechts een deel van de afgestudeerden een baan in de research kreeg. Echte 'professionele' of 'praktische varianten' waren binnen scheikunde niet aanwezig. Via de keuze van de bijvakken waren wel min of meer beroepsgerichte combinaties mogelijk. De lerarenvariant was hier één van. Voor wat betreft de lerarenopleiding werden slechts aanvullende eisen van pedagogische en didactische vorming aan het doctoraal examen toegevoegd, naast 60 uren hospiteren op een VWO-school. De 'algemene variant', ook wel aangeduid als vrije variant, zou breder georiënteerd moeten zijn, maar qua niveau wel te vergelijken met de andere varianten. Volgens de commissie-De Moor zou dit type opleiding in hoofdzaak gericht zijn op de algemene praktische vaardigheden op tertiair niveau. Terecht werd in de Memorie van Antwoord op de Wet Herstructurering WO bij deze variant gewaarschuwd voor een opzet in de trant van 'voor elk wat wils'. De studierichting 'vrije chemie' aan de Rijksuniversiteit Groningen, zoals boven beschreven, zouden we de eerste algemene variant kunnen noemen. Overigens zijn varianten zoals hierboven bedoeld pas in de jaren negentig ingevoerd, vaak onder de volgende namen: het onderzoeksprofiel, het maatschappijgerichte profiel en het communicatie-educatie-profiel, waaronder de lerarenvariant.

Uit gegevens over afgestudeerde chemici aan de Vrije Universiteit te Amsterdam in de periode 1968-1973 kon ik de volgende indicatie verkrijgen over de verschuivingen in de beroepsuitoefening voor zover het de eerste baan na het behalen van het doctoraal examen betrof.<sup>47</sup> Meer chemici bleven aan de universiteit voor een promotieonderzoek, wat mede tot gevolg had dat minder chemici direct naar de industrie gingen. Het percentage scheikundigen dat bij overheids- en semi-overheidsinstellingen in dienst trad nam af. Een aanzienlijk groter aantal chemici werd in deze periode leraar bij het VWO en het laboratoriumonderwijs. Deze toename lijkt eerder te moeten worden toegeschreven aan een afname van de mogelijkheden bij industriële laboratoria en de overheid, dan aan een werkelijk toegenomen belangstelling voor het leraarschap. Het jaar 1968 was het 'Jaar van de Chemie'. Het was voor de studenten die toen begonnen zijn met hun chemiestudie wel buitengewoon teleurstellend dat zij na hun doctoraal examen zeer moeilijk of in het geheel niet een baan konden krijgen in de richting die zij wensten.

### *Invoering Wet op de Twee-Fasen-Structuur*

Uiteindelijk waren het de ministers A. Pais en W.J. Deetman die wisten te realiseren dat per september 1982 de Wet op de TFS in werking trad. Opnieuw waren er weer hevige

studentenprotesten. Vooral minister Deetman werd onder vuur (= eieren) genomen. Maar ook op de universiteiten en TH's ging het soms heftig toe. De studenten vonden dat er te weinig weerstand was geboden en dat aan de reeds doorgevoerde studieduurverkortingen nauwelijks onderwijskundige argumenten ten grondslag lagen. Het leek erop dat bij het opzetten van een nieuw curriculum niet inhoudelijke, maar politieke afwegingen de doorslag gaven, ingegeven door belangen van de afdelingen en ook onder invloed van de industrie. De nieuwe programma's leken te veel op de bestaande programma's, maar moesten in een kortere tijd worden afgerond, kortom een duidelijke studielastverzwaring.

De universiteiten hadden echter deze wet niet afgewacht om tot een studieduurverkortening te komen, maar hadden in de jaren zeventig jaren reeds een verkorting van ongeveer één jaar van het doctoraalprogramma doorgevoerd (het doctoraalprogramma werd van drie naar twee jaar teruggebracht).<sup>48</sup> Het was dan ook niet verwonderlijk dat het voor de universiteiten, na al jaren bezig te zijn geweest met de verkorting van de studieduur, niet eenvoudig was om tot een 'vernieuwd' vierjarig programma te komen dat aan al die hooggestemde uitgangspunten en eindtermen voldeed.<sup>49</sup> Het resultaat was een zwaar, overladen programma, dat in de jaren daarna weer werd bijgesteld om de studeerbaarheid te vergroten. Pas toen de cursusduur voor de  $\beta$ -studies weer met één jaar werd verlengd, kwamen er meer evenwichtige programma's tot stand.

Hoe moeilijk het was om tot een programma van beperkte duur te komen wordt duidelijk geïllustreerd door de ontwikkelingen aan de Katholieke Universiteit Nijmegen, waar in september 1962 de opleiding Scheikunde werd gestart. De subfaculteit Scheikunde kende toen drie hoogleraren, G.A.J. van Os, R.J.F. Nivard en Steggerda.<sup>50</sup> Er werd binnen de faculteit Wis- en Natuurkunde overeengekomen dat voor wat betreft scheikunde zou worden gestart met de kandidaatsexamens e, f en g, met een driejarige studieduur. De programmering zou zodanig zijn dat snelle studenten zelfs na ruim tweeënhalve jaar dit examen zouden kunnen afleggen. Het plan was om de kandidaatsopleiding te doen volgen door een tweejarige doctoraalopleiding, zodat de student normaal gesproken, de studie binnen vijf jaar zou kunnen afsluiten. Maar de praktijk bleek anders. De mediane studietijd werd circa 6,5 jaar, wat wel al korter was dan de in die tijd geldende mediane studietijd van 7,7 jaar, maar aan de gestelde 'ideale' studieduur van 5 jaar werd zeker niet voldaan.

### *Eerste fase*

In de TFS had de voor alle studenten toegankelijke eerste fase een nominale studieduur van vier jaar en een maximale studieduur van zes jaar. De opbouw van het TFS-programma was geheel anders dan die van het traditionele scheikundecurriculum. Het TFS-programma vroeg ook om een grote inzet en een goede motivatie, temeer omdat de studielast per jaar 1700 uur was voor de 'normstudent', wat betekende dat er gedurende 42 weken per jaar iedere week 40 uur 'effectief' aan de studie moest worden besteed.

De nu ingevoerde eenjarige propedeuse was voor de universiteiten een nieuw fenomeen (niet voor de TH's), waaraan drie belangrijke eisen werden gesteld: een selectieve, representatieve, en predictieve werking. De selectieve werking moest een positieve selectie inhouden: de student moest geholpen worden om een geschikte keuze te doen, hetzij binnen het WO, hetzij erbuiten. Het kon niet betekenen dat in het propedeutisch jaar alle eindtermen van de doctoraalstudie als het ware in verdunde vorm tot uitdrukking kwamen. Met name waren de practica niet meer 'eindeloos', ze werden strak geprogrammeerd. Het eerste jaar van de scheikundestudie omvatte in het algemeen naast een inleiding in de scheikundedisciplines, de hulpvakken wiskunde en natuurkunde. Deze laatste vakken bleken vaak meer een selectieve dan een representatieve functie te hebben.

Deze laatste functie werd vervuld door het theoretische en praktische scheikundeonderwijs. Ook moest deze oriënterende functie zich volgens de commissie-Wiegersma uitstrekken tot een

introductie in relevante en actuele vak- en beroepsethiek; ongeveer tien procent van de geprogrammeerde tijd zou aan dit onderdeel moeten worden besteed. Onderwerpen als maatschappelijke aspecten van de natuurwetenschappen, de waarheid en de zekerheid van wetenschappelijke uitspraken, de groei van de wetenschap en de verantwoordelijkheid van een onderzoeker voor de toepassing van zijn ‘ontdekkingen’ en de ethische aspecten werden opgenomen in de propedeuse en zijn uit de huidige curricula niet meer weg te denken.

Het laatste aspect van de propedeuse, de voorspellende werking, was belangrijk, maar moeilijk op adequate wijze te verwezenlijken. Het lage rendement van de propedeutische fase kwam vooral door de tentamens, zij vormden een struikelblok. De propedeuse was daardoor vooral oriënterend en selecterend op de werkvormen, niet op het toekomstige beroep.

Globaal werd het totale eerste-fase-programma gekenmerkt door het principe van de getrapte keuze. Het eerste jaar was een voor de chemie als geheel representatief, uniform programma. In het tweede jaar, het eerste jaar van het doctoraal, werd in het uniforme deel de basiskennis uitgebreid, maar het tweede semester kende een keuzemogelijkheid, aansluitend bij de belangstelling van de student en gericht op de afstudeerrichting. Het derde jaar gaf een verbreding en verdieping van de scheikundestof, terwijl het vierde jaar werd besteed aan de afstudeerrichting, bestaande uit een hoofdrichting en eventueel nog een keuzerichting. Deze verkorting van de studie leidde tot een aanzienlijke reductie van de tijd die beschikbaar was om een researchopdracht uit te voeren. Toch vonden interessante vernieuwingen plaats, zoals bijvoorbeeld het fabrieksvoorontwerp aan de TH Delft, tegenwoordig ‘conceptual process design’ genoemd.<sup>51</sup> Teams van drie of vier studenten ontwierpen een chemische fabriek met alles er bij, zoals apparaten en arbeidskosten. Ieder team ontwikkelde zijn eigen proces en fabriek, vaak met de geïnteresseerde industrie op de achtergrond.

#### *Vergelijking van studieprogramma's in 1966 en 1986*

Het is niet mogelijk om de curricula – zoals de verschillende universiteiten en TH's daar invulling aan hadden gegeven – en de wijzigingen als gevolg van de TFS-structuur in dit hoofdstuk weer te geven. In tabel 3.3 is daarom het uniforme deel van de curricula (de eerste twee studie jaren) uit 1966 en 1986 voor drie universiteiten naast elkaar gezet. Hieruit kunnen bepaalde trends worden afgeleid. In het algemeen werd in 1986 minder aandacht besteed aan de klassieke natuurkunde dan in 1966. Ook nam de omvang van de organische chemie aanzienlijk af. Er kwam meer tijd beschikbaar voor biochemie, kwantumchemie en daaraan gerelateerde vakken. Uit de omvang van de verschillende vakken is het duidelijk dat elke universiteit zijn eigen accenten legde.

Wat betreft de practica zijn alleen die van 1986 opgenomen. Tussen 1966 en 1986 is een duidelijke verschooning opgetreden en dat kwam ook tot uiting bij de practica. In 1966 en daarvoor werd voornamelijk omschreven wat de student moest doen, bijvoorbeeld 12 organische preparaten maken en 15 natuurkundeproeven uitvoeren en niet hoeveel tijd daaraan maximaal mocht worden besteed. Dit veranderde bij de studieduurverkorting: de practica werden uitgedrukt in het aantal halve dagen dat studenten aan een bepaald practicum besteedden. Opvallend bij de practica is het wegvallen van het practicum natuurkunde bij bijna alle universiteiten; Nijmegen vormt hierop een uitzondering.

#### *Tweede-fase-opleidingen*

De tweede fase kende een beperkte toelating en de studieduur van deze fase was afhankelijk van de te volgen opleiding. Bij de ‘onderzoekersopleidingen’ kunnen de aio-4- en de aio-2-opleiding worden onderscheiden. Bij de vierjarige ‘aio-4-opleiding’ werd een doctorandus aangesteld als assistent in opleiding (aio). De promovendus moest in deze fase behalve onderzoek doen, zich voor ongeveer vijftwintig procent van de tijd ook met onderwijs bezig houden. Dit betekende dat de promovendus zelf nog onderwijs ontving, maar ook onderwijs gaf.

De ervaring leerde, dat slechts enkele doctorandi in de vastgestelde tijd de doctorsgraad behaalden.

In de tweejarige 'aio-2-opleiding' werd aanvullende vakkennis opgedaan en vond verdere training plaats in het zelfstandig verrichten van onderzoek. Doel van de aio-2-opleiding was met name om research te verrichten in een groter multidisciplinair verband, zoals het bedrijfsleven. Het programma bevatte naast theoretische studie dan ook een tweetal onderzoeksstages waarvan er één in een bedrijf moest worden gelopen. Deze opleiding werd na enkele jaren al weer opgeheven, mede ingegeven door het feit dat de aanstelling vaak werd verlengd, zelfs met drie of vier jaar, om toch de doctorstitel te behalen.

De 'lerarenopleiding' was een éénjarige opleiding tot eerstegraadsdocent. De helft van de tijd werd besteed aan het volgen van stages in het VWO. Iedereen die in aanmerking wilde komen voor deze postdoctorale opleiding moest in het doctoraalprogramma een achtweekse cursus 'oriëntatie op het leraarschap' volgen. De belangstelling voor deze opleiding was verontrustend laag, wat ook bijdroeg tot het grote tekort aan scheikundedocenten bij het VWO.

Hiernaast organiseerden de beide Amsterdamse en de Leidse en Wageningse universiteiten

Tabel 3.3: *Het uniforme deel van het scheikundecurriculum in 1966 en 1986*

vakken	KU Nijmegen		VU Amsterdam		RU Leiden	
	1966	1986	1966	1986	1966	1986
wiskunde	4	2,5	3	3	3,5	3
natuurkunde	4	1,75	5,5	2	3	2,5
kwantumchemie	3,5	2,5	-	1,75	2	2
informatica	-	1	-	1,75	-	-
fysische chemie	5	3,5	4	3,25	3	3,5
algemene chemie	-	-	-	2,25	-	-
analytische chemie/ basischemie	-	-	2	1,5	-	1
organische chemie	4	2,5	3	2	4	2
anorganische chemie	1,5	1	2	1,75	1	2
biochemie	1	2	1	2	1	2
kristallografie	1	1	-	-	1	-
spectrometrische technieken	-	-	-	1	-	1,5
industriële chemie	-	-	-	-	-	0,5
alfa/gamma-vakken	3	4	5	1,5	1	4
TOTAAL	27	22	25,5	23	19,5	24
practica scheikunde		198		224		172
practica natuurkunde		36		-		-

Opmerking: Uitgedrukt in jaaruren college en halve dagen practicum. Om de tabel niet al te uitgebreid te maken en overzichtelijk te houden zijn sommige vakken samengevoegd; de getallen moeten met enige reserve worden gehanteerd.

Natuurkunde: elektriciteitsleer, mechanica, atoomfysica, kernfysica.

Kwantumchemie: kwantummechanica, chemische binding, atoomtheorie.

Fysische chemie: thermodynamica, fasenleer, chemische dynamica, kinetiek, elektrochemie.

Biochemie: biochemie, celbiologie, moleculaire fysiologie.

Kristallografie: kristallografie, vaste-stofchemie, structuurchemie.

Spectroscopische technieken: spectrometrie, materie, symmetrie.

Alfa/gamma-vakken: filosofie, geschiedenis van de natuurwetenschappen, wetenschap & samenleving, maatschappelijke aspecten van de scheikunde.

sinds de jaren tachtig een ‘post-initiële beroepsopleiding milieukunde’, die tot doel had milieuvraagstukken in een internationaal kader aan te pakken en te komen tot een harmonisering van milieubeleid en milieumanagement in Europa. Tenslotte werkten zes Nederlandse universiteiten samen in de postdoctorale opleiding ‘toxicologie’.

#### *De TFS: Een oppervlakkig compromis?*

In 1989-1990 hebben drie buitenlandse experts namens de OESO (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling) het Nederlandse universitaire onderwijsstelsel geëvalueerd.<sup>52</sup> Hieruit bleek dat de Nederlandse overheid soms teveel ineens had gewild: kortere programma's in de eerste fase, verbetering van het wetenschappelijk onderzoek, inrichting van een tweede fase en flink bezuinigen. Dit alles had ertoe geleid dat de vierjarige programma's te pragmatisch in elkaar waren gefrommeld. Het werkte ook niet echt: de gemiddelde studieduur was nog altijd vijfenhalf jaar in plaats van vier jaar en de tweede fase leek mislukt. Er werden geen duidelijke keuzes gemaakt en over de uitvoering was te weinig nagedacht. Er was geen ruimte om het onderwijs inhoudelijk aan te passen. De aandacht die de kwaliteit van het onderwijs kreeg bleef ver achter bij die van het onderzoek. De gelijktijdig met de TFS ingevoerde ‘voorwaardelijke financiering’ bleek een scherpe prikkel om veel tijd aan onderzoek te besteden, waardoor veel energie weggenomen werd die nodig was om van zo'n enorme onderwijskundige ingreep als de TFS een zinvolle structuurvernieuwing te maken.<sup>53</sup> Het gevolg was een overvol programma voor de propedeuse, die slechts door weinig studenten in één jaar werd gehaald (zie tabel 3.4), en een oriënterende functie die niet tot zijn recht kwam. Het is niet verwonderlijk dat de voortdurende druk op de medewerkers in het universitaire onderwijs en onderzoek er toe leidde dat het hoofdstuk uit het OESO-rapport met de titel ‘De behoefte aan een tijd rust’ grote instemming kreeg van de universiteiten. Deze rustperiode werd de medewerkers echter niet gegund, want de toenmalige minister J.M.M. Ritzen kwam alweer met plannen voor het oprichten van onderzoeksscholen.<sup>54</sup>

## HOGER BEROEPSONDERWIJS – LABORATORIUMONDERWIJS

Uit de volgende korte samenvatting blijkt dat er geen type onderwijs na de Tweede Wereldoorlog zo ingrijpend is veranderd als het laboratoriumonderwijs, zowel organisatorisch als inhoudelijk.

Tabel 3.4: *Percentage studenten dat de propedeuse haalde in één, respectievelijk twee jaar*

<i>instelling</i>	<i>1982</i> 1 jr/2 jr	<i>1983</i> 1 jr/2 jr	<i>1984</i> 1 jr/2 jr	<i>1985</i> 1 jr/ 2jr	<i>1986</i> 1 jr/2 jr
VUA	47/87	37/78	33/83	29/79	22/80
UvA	62/87	44/74	43/81	55/83	47/78
KUN	64/88	57/75	57/77	61/77	56/85
RUG	35/78	38/78	46/72	49/81	49/78
TUE	64/84	51/84	39/77	33/74	33/67
RUU	35/77	32/77	49/72	47/73	44/71
UT	47/70	55/80	47/73	35/71	44/75
RUL	57/79	59/72	42/65	40/68	47/82
TUD	23/63	31/70	25/65	32/67	30/65

Bron: *Chemisch Weekblad* 44 (1990), 470. Opmerking: berekend op basis van het aantal eerst-ingeschrevenen per 21 december van het startjaar.

Overigens is het maken van een strikte scheiding tussen de ontwikkelingen binnen het HBO en het WO niet altijd mogelijk, omdat al in de jaren zeventig vele nota's verschenen over integratie van het WO en HBO.<sup>55</sup> Het is in het bestek van dit hoofdstuk niet mogelijk alle veranderingen te beschrijven; daarvoor wordt verwezen naar het in 2001 uitgegeven boek *De labschool vereeuwigd*.<sup>56</sup>

De eerste verandering betrof de omzetting van de door diverse industrieën opgezette, ook aan particuliere instituten gegeven bedrijfsopleidingen tot analist, in gesubsidieerd dag- en avondonderwijs, dat onder de onderwijswet van 1919 viel.<sup>57</sup> Een tweede, zeer ingrijpende verandering was de inpassing van het laboratoriumonderwijs in de Wet op het Voortgezet Onderwijs van 1968 (Mammoetwet). Deze wet had grote gevolgen voor het laboratoriumonderwijs. Vanaf dat moment werden de opleidingen gesubsidieerd en maakten ze een grote bloei door. Het aantal leerlingen verdubbelde en het aantal laboratoriumschole breidde zich uit tot 24. Vooraf moesten er nog wel antwoorden worden gegeven op vragen als: hoe moeten de bestaande opleidingen worden ingepast in de nieuwe indeling van hoger, middelbaar en lager beroepsonderwijs en moeten de opleidingen voor medische analisten onder het ministerie van Onderwijs of dat van Volksgezondheid vallen. In deze periode ontstonden de driejarige MBO-opleiding (laborant) en twee HBO-opleidingen: de tweejarige, praktische HBO-A-opleiding en de meer theoretische driejarige HBO-B-opleiding, (respectievelijk voor analist en laboratoriumassistent).

Al spoedig kwamen er weer tekenen voor een nieuwe herstructurering en wel door de ministeriële nota *Contouren van een toekomstig onderwijsbestel* (1974), waarin een schets werd gegeven voor het toekomstige onderwijsstelsel in Nederland, en de nota *Hoger onderwijs in de toekomst* (1976), die "kwaliteitsverbetering door schaalvergroting" als centraal onderwerp had. Op de verschillende nota's werd door diverse gremia uit het laboratoriumonderwijs uitvoerig en soms zeer heftig gereageerd. Uiteindelijk is er een compromis uitgekomen.

Uit vijftien beroepsbeelden, die in de periode 1976-1985 werden opgesteld, werden de eindtermen van de opleiding, de opleidingsstructuur en het leerplan afgeleid. Uiteraard was het omzetten van een beroepsbeeld met functietyperingen en functiekenmerken in een concreet leerplan geen sinecure. Hiertoe werden uit docenten bestaande leerplancommissies in het leven geroepen. Deze herstructurering resulteerde uiteindelijk in een vierjarige HLO-opleiding, een vierjarige MLO-opleiding en een verkorte, praktijkgerichte driejarige MLO-opleiding, het KMLO. De herstructurering was een belangrijke stimulans voor het invoeren van nieuwe onderwijstechnische en didactische ontwikkelingen. Helaas heeft de herstructurering geen oplossing gebracht voor het magere onderwijsrendement. Ook bleven de typische verschillen tussen de beroeps- en opleidingseisen van het chemische en het medische veld bestaan. De verhouding tussen deze beroepsbeoefenaren bleef gespannen.

Veel tijd om bij de problemen stil te staan was er niet. Er dienden zich alweer nieuwe uitdagingen aan. Nog voor de eerste KMLO-ers, MLO-ers en HLO-ers afstudeerden, ontvingen de laboratoriumschole van minister Deetman de beleidsnota *Schaalvergroting, Taakverdeling en Concentratie in het Hoger Beroepsonderwijs* (1983). Ook verscheen in hetzelfde jaar een nota van de HBO-raad met de titel *Versterking door Samenwerking*. Het overheidsbeleid was er op gericht om te komen tot één stelsel van hoger onderwijs. Dit zou gepaard gaan met een concentratie- en fusieoperatie van een ongekend grote omvang. Het middelbaar beroepsonderwijs zou deel blijven uitmaken van het voortgezet onderwijs, zoals het was geregeld bij het in werking treden van de Mammoetwet.

Alle laboratoriumschole moesten op zoek gaan naar fusiepartners. Bovendien zou er een splitsing moeten komen tussen het MLO en het HLO. Dit waren twee zaken waar de labschole eigenlijk niet aan wilden, zij bleven de MLO-studenten meetellen bij het HLO. Maar in 1986 kreeg het beroepsonderwijs ook te maken met 'sectorvorming en vernieuwing in het MBO'.

De grondgedachte was te komen tot brede sectorscholen, met techniek als één van de sectoren. Het werd onontkoombaar. Het laboratoriumonderwijs wachtte weer een ingrijpende operatie; het werd een ware uitdaging, die het laboratoriumonderwijs met veel elan heeft opgenomen.

Tussen dit alles door speelden ook nog diverse, in de jaren zeventig verschenen rapporten en nota's over coördinatie en samenwerking tussen het WO en HBO, een rol. Dit was één van de aspecten die zowel bij de herstructurering van het HBO als het WO moest worden meegenomen. Een belangrijk argument hiervoor was de in de nota *Op weg naar hoger onderwijs nieuwe stijl* (1972) aangegeven noodzaak om tot een betere afstemming te komen van HBO en WO, ontwikkelingen die in andere Europese landen eveneens in gang waren gezet. Bij een samenwerkingsverband tussen HBO en WO zou er een 'horizontale doorstroming' in plaats van een 'verticale doorstroming' gerealiseerd moeten worden. De wederzijdse overstap moest mogelijk zijn zonder helemaal aan het begin van het WO- dan wel het HBO-curriculum te beginnen. Dit zou moeten worden gerealiseerd op basis van een selectieve propedeuse. Een ander argument was het creëren van een grotere differentiatie in curricula, welke meer rekening hield met de uiteenlopende belangstelling en begaafdheid van de student. Dit zou tevens een vermindering van het aantal uitvallers tengevolge moeten hebben en zou ook moeten leiden tot een verkorting van de feitelijke studieduur.

Kortom, er moest zowel bij het HBO als het WO nog veel werk worden verricht om de gewenste situatie te bereiken.

## IS HET 'IDEALE' SCHEIKUNDEONDERWIJS GEREALISEERD?

Uit de in dit hoofdstuk beschreven ontwikkelingen in het scheikundeonderwijs blijkt overduidelijk, dat er veel is veranderd, zowel bij het secundair als het tertiair onderwijs. Het betreft onder meer de vakinhoud en de didactische werkvormen, het aantal uren scheikunde in de lessentabel, de studieduur, maar ook de organisatie. Dit houdt echter niet zonder meer in dat we dichterbij het 'ideale' scheikundeonderwijs zijn gekomen. De heftige discussies en het vaak zeer langdurige overleg tussen allerlei gremia laten zien dat het ondoenlijk is aan te geven wat we onder het 'ideale' scheikundeonderwijs moeten verstaan en welke instantie dat uiteindelijk bepaalt.

Aan VWO-leerlingen moet in elk geval door het onderwijs duidelijk worden gemaakt dat scheikunde een dynamisch vak is, dat het een creatieve uitdaging inhoudt en dat het een integrerend bestanddeel van onze samenleving vormt. Dit moet vanaf het begin van het scheikundeonderwijs, op welk niveau ook, centraal staan. Dan zal het tot de leerlingen kunnen doordringen dat scheikunde in de twintigste eeuw belangrijk heeft bijgedragen tot de hoge levensstandaard in Nederland en daarbuiten en dat chemici niet gezien moeten worden als grote milieuvervuilers. Anderzijds moet het programma ook voor de docenten een uitdaging zijn. Dit betekent dat ze vrijheid moeten krijgen om zelf een deel van het programma te kunnen invullen om direct te kunnen inspelen op de actualiteit; ze moeten niet constant geconfronteerd worden met tijdgebrek als gevolg van het keurslijf van de exameneisen.

Bij het tertiair onderwijs zijn in de beschreven periode vele wijzigingen in de scheikundeprogramma's doorgevoerd. Dit is zeker niet altijd op grond van onderwijskundige inzichten gebeurd; vaak hebben politieke en financiële redenen de doorslag gegeven. De buitengewoon grote hoeveelheid menskracht en tijd die geïnvesteerd is in het opstellen van nota's, het voeren van discussies en onderhandelingen, het doen van research op het gebied van onderwijskunde en didactiek voor de praktijk van het doceren, zou doen verwachten dat het 'ideale' scheikundeonderwijs dichterbij is gekomen of zelfs is bereikt.

Uit de ontwikkelingen in het recente verleden is hopelijk geleerd dat het bij toekomstige wijzigingen belangrijk is niet pragmatisch te werk te gaan. Er zullen duidelijke keuzes over de inhoud, de onderwijskundige vorm en de organisatie moeten worden gemaakt, terwijl er ook uitvoerig aandacht moet worden besteed aan de implementatie. Experimenten op kleinere schaal kunnen hierbij nuttig zijn, terwijl ook de noodzakelijke evaluaties niet moeten worden vergeten. Uiteraard is het belangrijk dat door de overheid niet alleen naar het geld wordt gekeken, maar dat zij juist positieve prikkels geeft om het onderwijsveld te motiveren.

Zelfs als het onderwijsveld van overheidswege enige tijd rust wordt gegund is het toch goed het Japanse gezegde: “Wat niet beter wordt, blijft niet goed” in gedachten te houden. We zullen dus altijd alert moeten blijven op gewenste en noodzakelijke vernieuwingen, meer dan in het verleden is gebeurd. Zeker zal er meer aandacht moeten komen voor de aansluiting VWO-universitair onderwijs. Daartegenover moeten we ons ook realiseren dat te vele, elkaar snel opvolgende wijzigingen het ‘ideale’ programma niet vanzelfsprekend dichterbij zullen brengen, maar juist vaak tot frustratie en demotivatie zullen leiden. Onderwijsvernieuwing moet gezien worden als een continu proces, dat nooit ophoudt, zelfs als we er van overtuigd zijn dat het ‘ideale’ programma is bereikt. Het zal de uitdaging worden de goede balans te vinden tussen ‘de behoefte aan onderwijsvernieuwing’ van politici, beleidsmakers, maar ook van docenten en studenten en ‘de behoefte aan een tijd rust’, vooral van docenten.



# Noten

## HOOFDSTUK 3: ONDERWIJS

<sup>1</sup> Zie ook: N.H. Velthorst, *Aspecten van onderwijsvernieuwing*, openbare les Vrije Universiteit, Amsterdam, 24 september 1975 (Amsterdam 1975); en N.H. Velthorst, 'Chemical education in the Netherlands', in: P.J. Farago, M.J. Frazer en S. D. Walker (red.), *Chemical education in Europe* (Londen 1976). Hierin wordt meer gedetailleerd ingegaan op de situatie in de jaren zeventig en op de veranderingen sinds het midden van de jaren zestig.

<sup>2</sup> *Naar een structuur voor de ontwikkeling en vernieuwing van het primair en secundair onderwijs. Structuurnota – nota van de Minister van Onderwijs en Wetenschappen*, Handelingen van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, 13432 ('s-Gravenhage 1975).

<sup>3</sup> Zie ook de schets van het vooroorlogse scheikunde-onderwijs, in: P.E. Verkade, 'Chemical training in Dutch secondary schools', *Journal of Chemical Education* 4 (1927), 703-710.

<sup>4</sup> S.C. Bokhorst, *Leerboek der scheikunde ten dienste van hogere burgerscholen, gymnasia en lycea* (Groningen 1933); G.J. van Meurs, *Beginselen der scheikunde* (Rotterdam 1921) (latere drukken met H.Ph. Baudet) en, eveneens met Baudet, het *Beknopt overzicht der scheikunde* (Rotterdam 1929) en de *Inleiding tot de scheikunde* (Rotterdam 1938); R. Feis, e.a., *Scheikunde voor H.B.S. en Gymnasium* (Haarlem 1957).

<sup>5</sup> J. Koning, *Enige problemen uit de didactiek der natuurwetenschappen, in het bijzonder van de scheikunde: experimenteel onderzocht met leerlingen van de middelbare school*, proefschrift RU Utrecht 1948.

<sup>6</sup> J. Groen en J.W. Schuyl, 'Schoolmeesters aan het woord', in: *Werken aan scheikunde. 24 memoires van hen die de Nederlandse chemie deze eeuw groot hebben gemaakt* (Delft 1993), 223-242.

<sup>7</sup> H. Bouma, 'Scheikunde', in: H. van Helden en H. Voorbach (red.), *Schoolvak in ontwikkeling. Ontwikkelingen in AVO/VWO* (Amsterdam 1989), 167-176.

<sup>8</sup> D.P. den Os, 'Chemieonderwijs voor iedereen: dé uitdaging voor chemici in de komende 25 jaar', *Chemisch Weekblad* 67 (36) (3 sept. 1971), O7-O9.

<sup>9</sup> A.F. Holleman, *Leerboek der organische chemie* (Groningen 1896). In totaal 18 drukken; de laatste editie uit 1960 werd nog in 1967 herdrukt. Vgl. ook H.J. den Hertog, 'De lotgevallen van een chemicus, die in 1920 zijn studie in Amsterdam begon', in: *Werken aan scheikunde*, 19-37.

<sup>10</sup> J.D. Roberts en M.C. Caserio, *Basic principles of organic chemistry* (Londen/New York 1965).

<sup>11</sup> P. Karrer, *Lehrbuch der organischen Chemie* (oorspronkelijk Leipzig 1928; veel latere, ook Engelstalige, edities).

<sup>12</sup> J. Hoekman en A.J. Schoneveld, *Nieuwe inleiding in de organische chemie* (Gorinchem 1967).

<sup>13</sup> Over de WEI, die het uiteindelijk niet heeft gered, zie: [Werkgroep Empirische Inleiding], 'Voorbereidend wetenschappelijk onderwijs', *Chemisch Weekblad* 64 (47) (1968), 45-49; J. de Miranda, *Verkenning van de 'Terra Incognita' tussen praktijk en theorie in het Middelbaar (Scheikunde) Onderwijs*, proefschrift RU Utrecht 1955; J.F. Roest, *Algemene scheikunde* (Utrecht, Antwerpen 1963).

De in 1968 door de TU Eindhoven geïnitieerde werkgroep Theorie uit Experiment bracht in 1986 een gelijknamig leerboek uit, dat nog op een aantal scholen wordt gebruikt. Zie ook: F.J.C.M. Arnold, 'Introductie in inductie; het scheikunde-experiment Eindhoven-Deurne', *Chemisch Weekblad* 67 (36) (3 sept. 1971), O3-O7.

<sup>14</sup> [Commissie Modernisering Leerplan Scheikunde], *Interim rapport 1968-1969* ('s-Gravenhage 1971); *Tweede Interim rapport 1970-1973* ('s-Gravenhage 1975). Vgl. Den Os, 'Chemieonderwijs voor iedereen'; J.G. Hondebrink, 'Met de CMLS naar een nieuw leerplan scheikunde', *Chemisch Weekblad* 70 (16) (19 apr. 1974), O2-O5; J.G. Hondebrink, 'Onderwijs is begeleiding bij studie. Vernieuwing van het chemie-onderwijs op het VWO', *Intermediair* 16 (33) (15 aug. 1980), 27-33.

- <sup>15</sup> A.I. Jansen, J.H.M. Beerens en G.A.M. Hafkenscheid, *Binas: informatieboek vwo/havo voor het onderwijs in de natuurwetenschappen* (Groningen 1977).
- <sup>16</sup> D. van Egmond, 'Lesteksten CMLS blijken vrij te zijn', *Chemisch Weekblad* (20 febr. 1976), 8; 'Scheikunde uit de "sommen-sfeer": CMLS-advies scheikunde leerplan 3 VWO', *Chemisch Weekblad* (11 mrt. 1977), 1.
- <sup>17</sup> *Chemie. Leerboek voor VWO* (Groningen 1979).
- <sup>18</sup> De TH's kenden overigens een propedeuse (soms P1 en P2), een kandidaatsexamen en een ingenieursexamen.
- <sup>19</sup> Vgl. D. Knight, 'Then ... and now', in: P.J.T. Morris (red.), *From classical to modern chemistry: The instrumental revolution* (Cambridge 2002), 87-94.
- <sup>20</sup> J.J. Heeren e.a., *Klinische chemie in Nederland. 50 jaar NVKC, 1947-1997* (Utrecht 1997).
- <sup>21</sup> C.J. van Nieuwenburg, 'De opleiding tot scheikundig ingenieur', in: A.F. Kamp (red.), *De Technische Hogeschool te Delft 1905-1955* ('s-Gravenhage 1955); [Directoraat-Generaal voor de Arbeidsvoorziening], *Scheikundig ingenieur* ('s-Gravenhage 1968); D. Thoenes, 'De "ideale" scheikundig-ingenieursopleiding', *Chemisch Weekblad* 67 (2 apr. 1971), 10-17.
- <sup>22</sup> *Technologische studierichtingen aan de Rijksuniversiteit te Groningen* (Groningen 1959); E.W.A. Hensen, *Rijksuniversiteit Groningen 1964-1989, deel 1* (Groningen 1989), 244-247; *De kloof tussen technologie en maatschappij. Technische Scheikunde 35 jaar. G.T.D. Bernouilli 10 jaar* (Groningen 1995), 9-11.
- <sup>23</sup> Persoonlijke mededeling J. Wijers (TUE).
- <sup>24</sup> Voor het onderwijs in Eindhoven, zie ook: G.D. Rieck en J.J. Walraven, 'De faculteit Scheikundige Technologie', in: M. Bakker en G. van Hooff (red.), *Gedenboek Technische Universiteit Eindhoven, 1956-1991* (Eindhoven 1991), 205-214.
- <sup>25</sup> Persoonlijke mededeling J. Derissen (UU).
- <sup>26</sup> Persoonlijke mededeling H. Kramers-Pals (UT). Zie ook: W. Sorgdrager, *Het experiment in het bos. De eerste jaren van de Technische Hogeschool Twente 1961-1972* (Alphen aan den Rijn/Brussel 1981), 62-66, 73-74, 159-162, 268-277; H. Ikink, 'Scoren met samenwerken', in: *Van experiment in het bos tot ondernemende universiteit* (Enschede 1991), 22-29.
- <sup>27</sup> Zie bijvoorbeeld: C.A. Arnold en W.G. Zijlstra, 'Een eerstejaars chemisch practicum als voorbeeld van onderwijsvernieuwing', *Chemisch Weekblad* 71 (17) (25 apr. 1975), 13-16.
- <sup>28</sup> Dit werd vooral gestimuleerd door C.L. Habraken. Zie haar artikel 'Echt chemisch onderzoek in het tweede studiejaar', *Chemisch Weekblad* 66 (1970), 18-22.
- <sup>29</sup> G.S. Hammond, 'Restructuring of chemistry and chemical curricula', *Pure and applied chemistry* 22 (1970), 3-16.
- <sup>30</sup> J.J. Steggerda, '25 jaar chemie curriculum', in: W.H. Laarhoven e.a. (red.), *Chemie in het zilver* (Nijmegen 1987), 59-69; H.A. Blaauw en W.J. Hornix, 'Chemie-onderwijs experimenten. Integratie van theoretisch en praktisch onderwijs met gebruikmaking van televisie', *Chemisch Weekblad* 67 (16 juli 1971), 13-14; H.J.A. Blaauw, 'Audiovisuele media en het chemieonderwijs', *Chemisch Weekblad* 67 (36) (3 sept. 1971), O10-O13.
- <sup>31</sup> Voor een overzicht, zie het maandkatern over 'Chemie en Samenleving' in het *Chemisch Weekblad* 70 (48) (29 nov. 1974).
- <sup>32</sup> A. Schuijff, 'Tien jaar chemie en maatschappij', *Chemisch Weekblad* 70 (48) (29 nov. 1974), C&S7-C&S9; R. Verduijn, 'De werkgroep projectonderwijs', *idem*, C&S9-C&S10. Aan de TH Delft werd iets vergelijkbaars gestart. Zie: *1e Eeuwboek van het Technologisch Gezelschap te Delft, 1890-1990* (Delft 1989), 202.
- <sup>33</sup> J.M.M. Kessels, 'De Subfaculteit der Scheikunde', in: H.W. von der Dunk, W.P. Heere en A.W. Reinink (red.), *Tussen ivoren toren en grootbedrijf: De Utrechtse Universiteit 1936-1986* (Maarssen 1986), 408-417, aldaar 415.
- <sup>34</sup> J. van der Haar, *De geschiedenis van de Landbouwwuniversiteit Wageningen. Deel 2: verdieping en uitbreiding, 1945-1970* (Wageningen 1993), 258-297, m.n. 287-289; Den Hertog, 'De lotgevallen van een chemicus'.

- <sup>35</sup> Zie ook hoofdstuk 15: Henk Timmerman, 'Farmacochemie: het ontstaan van een nieuwe subdiscipline'; F. Dijs, 'Wat was farmakochemie, wat is 't en wat zal het worden?', in: *Bulletin Scheikunde, Scheikundig Laboratorium Vrije Universiteit: Extra editie Farmakochemie* (31 jan. 1973), 2-3.
- <sup>36</sup> Vgl. J.W. Copius Peereboom, 'Opleiding milieuchemie gevraagd', *Chemisch Weekblad* 66 (17 april 1970), 73-74; [Organisatie Chemie Studenten Nederland], *Milieu-onderwijs in Nederland: een voorlopige inventarisatie*, Amsterdam, 1971; J. Korff de Gids, 'Wetenschap en samenleving en milieukunde', *Chemisch Weekblad* 70 (48) (29 nov. 1974), C&S11-C&S12.
- <sup>37</sup> Van der Haar, *De geschiedenis van de Landbouwwuniversiteit Wageningen*, deel 2, 284-287.
- <sup>38</sup> [Werkgroep gammatechnologie], 'Bestuurswetenschappen geïntegreerd in chemisch technologische opleiding', *Chemisch Weekblad* 70 (48) (29 nov. 1974), C&S17-C&S18.
- <sup>39</sup> Zie de brochure *De Studierichting Vrije Chemie*, RU Groningen, voorjaar 1973; en W. Smit en B. de Vries, 'Vrije Studierichting Chemie – tussen wetenschap en politiek', *Chemisch Weekblad* 70 (48) (29 nov. 1974), C&S5-C&S6.
- <sup>40</sup> Twee Fasen Structuur. Vele nota's van het ministerie van O&W, de Academische Raad en de Commissie Voorbereiding Herprogrammering Wetenschappelijk Onderwijs zijn in de periode 1968-1975 verschenen. Zie ook Velthorst, *Aspecten van onderwijsvernieuwing*.
- <sup>41</sup> Deze wens leefde ook in universitaire kring. Zie A.D. de Groot, 'Propedeuse nieuwe stijl. 30 stellingen over Hoger onderwijs', *Universiteit en Hogeschool* 10 (1964), 355-363.
- <sup>42</sup> H. Knippenberg en W. van der Ham, *Een bron van aanhoudende zorg. 75 jaar ministerie van Onderwijs [Kunsten] Wetenschappen 1918-1993* (Assen 1993), 511-513; K.J. Snijders, *De onderwijzman Posthumus* (Lelystad 1975) (= AO nr. 1561).
- <sup>43</sup> K. Posthumus, *De universiteit: doelstellingen, functies, structuren* ('s-Gravenhage 1968).
- <sup>44</sup> *Wijziging van de Wet op het wetenschappelijk onderwijs in verband met de hervorming van het wetenschappelijk onderwijs (Wet herstructurering wetenschappelijk onderwijs)*, Tweede Kamer, zitting 1970-1971, nr. 11.281.
- <sup>45</sup> Vgl. bijvoorbeeld de brochure *Van programma naar structuur. Tegenvoorstel bij het Wetsontwerp Herstructurering Wetenschappelijk Onderwijs*, geschreven door de leden van het Wetenschappelijk Personeel van de RU Groningen, 1973-1974; onder andere door de chemici J.L. de Boer en M. Brouwer.
- <sup>46</sup> Vgl. *Van programma naar structuur*.
- <sup>47</sup> Vgl. ook Velthorst, 'Chemical education in the Netherlands'.
- <sup>48</sup> [H. Wijnberg (voorzitter), W. van Tongeren (secretaris), e.a.], *Rapport van de Curriculum Commissie van de Sectie Scheikunde van de Academische Raad*, augustus 1972.
- <sup>49</sup> Vgl. 'Vierjarige cursusduur voor de scheikundestudie onmogelijk', *Chemisch Weekblad* 71 (2) (10 jan. 1975), 7; A.H. Verdonk, 'Universitair chemiecurriculum: werkvormen en middelen', *Chemisch Weekblad* 73 (2 sept. 1977), 3, 5; D. Thoenes e.a., *Tweefasenstructuur en chemie, een KNCV-onderzoek naar de toekomstige behoeften van de Nederlandse chemie t.a.v. het wetenschappelijk onderwijs* ('s-Gravenhage, mei 1981).
- <sup>50</sup> Steggerda, '25 jaar chemie curriculum'; M.C. Feiters, R.J.M. Nolte en B. Zwanenburg (red.), *50 jaar organische scheikunde Nijmegen. Jubileumboek 1951-2001* (Nijmegen 2001), 9-39, 190-193.
- <sup>51</sup> Vgl. *1e Eeuwboek van het Technologisch Gezelschap*, 283-284.
- <sup>52</sup> De volgende opmerkingen zijn gebaseerd op een interview met één van de experts, U. Teichler, gepubliceerd in *MARE* (31 mei 1990).
- <sup>53</sup> Zie hoofdstuk 2: Wim Hutter, 'Chemie, chemici en wetenschapsbeleid'.
- <sup>54</sup> *Review van het onderwijsbeleid in Nederland. Verslag en Vragen*, OESO rapportage, Publicatie van Ministerie van O&W, april 1990.
- <sup>55</sup> We concentreren ons in deze paragraaf op het laboratoriumonderwijs. Voor de geschiedenis van het (chemisch) onderwijs in het Middelbaar en Hoger Technisch Onderwijs, zie: H. Schippers, *Van tusschenlieden tot ingenieurs. De geschiedenis van het Hoger Technisch Onderwijs in Nederland* (Hilversum 1989); H.K. Makkink, *Met hoofd, hart en handen ... De geschiedenis van het Middelbaar Technisch Onderwijs in Nederland* (Amsterdam 1994).
- <sup>56</sup> A. van der Kooij, J. Heeren en J. Tijmensens, *De labschool vereeuwigd. De geschiedenis van het laboratoriumonderwijs in de twintigste eeuw* (Houten/Diegem 2001).

<sup>57</sup> Voor een gedetailleerd overzicht van de beroepspraktijk van en de opleidingen voor analisten omstreeks 1960, zie: P.N. Degens Jr., *De problematiek rondom de analist(e)*, intern rapport ten behoeve van de KNCV, Haarlem, maart 1961.