

Vorstudies en achtergronden Technologiebeleid

Perspectief in innovatie

TI

De chemische industrie nader
beschouwd

1991

W.M. de Jong

SDU uitgeverij, 's-Gravenhage 1991

**Wetenschappelijke Raad
voor het Regeringsbeleid**



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Jong, W.M. de

Perspectief in innovatie: de chemische industrie nader beschouwd/ W.M. de Jong - 's-Gravenhage: Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid: 's-Gravenhage: Sdu Uitgeverij Plantijnstraat (distr.) - (Voorstudies en achtergronden Technologiebeleid: T1)

ISBN 90-399-0018-3

Trefw.: technologische innovatie: chemische industrie; beleid

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
2.	Economische kenschets van de chemische industrie	9
2.1	Afbakening	9
2.2	Productie	10
2.3	Werkgelegenheid	13
2.4	Export	14
2.5	Investeringen	15
3.	Belangrijke ontwikkelingen in en rond de chemische industrie	17
3.1	De opkomst van nieuwe basistechnologieën	17
3.1.1	Nieuwe informatietechnieken en -systemen	17
3.1.2	Nieuwe materialen	19
3.1.3	Biotechnologie	21
3.2	Over synergie tussen basistechnologieën en over incrementele innovatie	24
3.3	Een toenemende innovatie-inspanning	28
3.4	Internationalisering	30
3.5	Ontwikkelingen op milieugebied	31
3.5.1	Verinnerlijking van milieufactoren	31
3.5.2	Verschuiving van beheersing naar preventie van afvalstromen	32
3.6	Grondstoffen en energie	34
4.	Knelpunten en noodzakelijke veranderingen	39
4.1	Strategisch profiel van de Nederlandse chemische industrie	39
4.2	De R&D-factor	43
4.2.1	R&D-inspanning en resultaat	43
4.2.2	Technologisch veelbelovende onderzoeksgebieden	49
4.2.3	Het universitaire onderzoek	52
4.3	Onderwijs	60
4.3.1	Verschuivende eisen aan de werknemers	60
4.3.2	Noodzakelijke veranderingen in het onderwijs	63
4.4	Milieu	67
4.4.1	De communicatieve component van het milieubeleid	69
4.4.2	De grensstellende component van het milieubeleid	71
4.4.3	De voorwaardenscheppende component van milieubeleid	73
4.5	Energie	75
4.6	Fysieke infrastructuur	77
5.	Samenvatting en enkele algemene beleidsconclusies	79
	Lijst van gesprekspartners	87

De auteur, dr. W.M. de Jong, is natuurkundige en als wetenschappelijk medewerker verbonden aan de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid

In de chemische industrie gaat het in essentie om moleculaire omzetting van de materie. Sinds de vorige eeuw zijn de mogelijkheden hiervoor, onder meer door ontwikkelingen op technisch en op wetenschappelijk gebied, sterk toegenomen. Chemische verandering van natuurlijke grondstoffen heeft geleid tot een groot aantal synthetische (en andere) producten die uit een moderne economie en samenleving nauwelijks meer zijn weg te denken.

De chemie is, als wetenschap en als industrie, sterk in beweging. Het aantal bekende en beschreven chemische verbindingen neemt meer dan exponentieel met de tijd toe. Het Chemical Abstracts Register omvat momenteel rond 10 miljoen verschillende verbindingen. Per jaar komen daar op dit moment ruwweg 800.000 nieuwe bij ¹. De wetenschappelijke kennis wordt op een aantal gebieden snel groter. Grenzen tussen wetenschappelijke disciplines en tussen economische sectoren vervagen. Verschuivingen in marktstructuren en de toenemende noodzaak voor een goed milieubeheer dwingen de chemische industrie tot een fundamentele reflectie. Zij staat aan het begin van een periode van belangrijke structurele aanpassingen. Het doel van onderhavige studie is deze aanpassingen enigszins in kaart te brengen en daarbij de mogelijke rol van de overheid te markeren.

De voorliggende studie van de chemische industrie maakt deel uit van het project Technologie, Overheid en Samenleving (TOS) dat in 1988 door de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid is gestart ². Het doel van dit project is door middel van een aantal dieptestudies zicht te krijgen op verschuivingen in de behoefte aan overheidstechnologiebeleid. Bij de studie van de chemie staat de volgende vraag centraal:

Met welke structurele ontwikkelingen en problemen zal de chemische industrie de komende jaren rekening moeten houden. In hoeverre kunnen deze het hoofd worden geboden door een grotere of andere inzet van kennis. Wat zijn, gelet op de geschetste ontwikkelingen, de sterke en de zwakke kanten van het Nederlandse kennis- en innovatiesysteem in en voor de chemische industrie. Welke wijzigingen zijn nodig en mogelijk. Welke rol zou de overheid hierbij kunnen spelen?

De chemische industrie is om verschillende redenen interessant. De ervaring leert dat algemene economische tendensen zich veelal in verhevigde

¹] National Science Foundation, Opportunities in chemistry, Washington, National Academy Press, 1985.

²] In het kader van het project Technologie, Overheid en Samenleving werden naast de chemie ook enkele andere sectoren bestudeerd: de landbouw, de grond-, wegen- en waterbouw en transport en logistiek. De keuze van de sectoren werd onder meer bepaald door de verschillen in overheidsop treden in deze sectoren.

mate in de chemische sector manifesteren. Zo overtreft de groei van de chemische produktie die van de gehele industrie gemiddeld genomen met ongeveer een factor 2, zowel in positieve zin als in negatieve zin (*groei-multiplier*). Als het economisch goed gaat, dan gaat het vaak nog beter in de chemische industrie. En als het slecht gaat, dan vaak nog slechter in (grote delen van) de chemie³. De chemische industrie fungeert in dat opzicht min of meer als graadmeter voor de gehele economie. Een ander belangrijk feit is dat belangrijke innovaties in de chemische industrie in veel gevallen een hele serie vervolginnovaties elders in de economie en in de samenleving oproepen (*innovatiemultiplier*). Hiervan zijn een groot aantal voorbeelden te geven. Zo zou kunnen worden gewezen op de veranderingen in termen van produkten en processen die het gevolg waren van de introductie van nieuwe, en vooral ook goedkope polymeren, in de vorm van synthetische vezels, plastics en elastomeren (kunststrubbers). Ook kan in dit kader worden gewezen op de drastische produktiviteitsverhoging in de landbouw die voor een aanzienlijk deel een chemisch succes is⁴. Het ziet er naar uit dat de chemische industrie ook in de toekomst een belangrijke innovatieve bijdrage zal blijven leveren. Zo wordt de voortgaande miniaturisering van micro-elektronica en andere elektronische bouwstenen - weer cruciaal voor vele andere technische vernieuwingen - in belangrijke mate ondersteund door chemische innovaties. Op onderdelen verschuift de rol van de chemische industrie zelfs meer en meer van toeleverancier naar co-maker. Deze innovatieve beïnvloeding is overigens wederzijds. Zonder steeds betere elektronische hulpapparatuur en informatiesystemen, onder meer voor geavanceerde procesbesturing en voor zeer gevoelige en nauwkeurige chemische analyse, zouden vele innovaties op chemisch gebied ernstig worden belemmerd. Innovatieve kruisbestuiving is hier en op vele andere plaatsen in de economie de karakteristiek van de toekomst.

Het voorliggende rapport is gebaseerd op een verkenning binnen de chemische industrie en op een literatuurstudie. De gesprekken met de mensen uit het veld hadden, naast informatievergaring, tot doel te onderzoeken welke problemen in de chemische industrie leven en welke behoefte aldaar bestaat aan overheidstechnologiebeleid. De gesprekken zijn voor een deel gezamenlijk met mw. dr. A.D. Wolff-Albers gevoerd. De resultaten van de gesprekken en van de literatuurstudie zijn verwerkt in een eerste concept-tekst. Dit concept is voor commentaar rondgestuurd aan de eerdere gesprekspartners. Hun commentaar is zo goed mogelijk verwerkt in de

³] In de periode van 1950-1987 was in 55% van de tijd de groeivoet van de Nederlandse chemische industrie 1,5 à 2,5 maal zo groot als die van de totale industrie. Deze 'groei-multiplier' heeft zowel conjuncturele als structurele oorzaken. Als structurele oorzaken kunnen onder meer worden genoemd: traagheidseffecten in combinatie met hoge kapitaalintensiteit en schaalgrootte, een relatief hoge chemische component in marginale behoeftepatronen en verdringing van andere (niet-chemische) produkten, zoals substitutie van metalen door plastics in auto's.

⁴] Gedacht kan worden aan het produktiviteitsverhogende effect van kunstmest, bestrijdingsmiddelen en diverse groei-manipulanten. Op deze plaats mag overigens niet onvermeld blijven dat genoemde produktiviteitsverhoging in de landbouw ook negatieve bijeffecten heeft gehad, in ecologische zin (milieuvulling, verschralling genetische basis) en in markttechnische zin (overschotten).

voorliggende studie. Het spreekt voor zich dat alle onvolkomenheden in de tekst uitsluitend voor rekening komen van de auteur.

De auteur is een ieder die aan de totstandkoming van deze studie heeft meegewerkt zeer erkentelijk. Met name is hij dank verschuldigd aan de Vereniging voor de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI) voor de bemiddelende rol die zij in de persoon van haar adjunct-directeur, ir. E.J. Vles, heeft willen spelen. Een lijst van gesprekspartners is aan het eind van de studie opgenomen.

De opbouw van de studie is als volgt. In hoofdstuk 2 wordt als eerste plaatsbepaling een korte economische kenschets van de chemische industrie gegeven. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 enkele belangrijke ontwikkelings-tendensen besproken. In hoofdstuk 4 wordt het grensvlak tussen de chemische industrie en de overheid verkend. Met name gaat het hierbij om veranderingen in het overheidsoptreden die in het licht van de eerder geschetste ontwikkelingen en de knelpunten daarbij noodzakelijk lijken. Hoofdstuk 5 bevat een samenvatting en enkele algemene (beleids)conclusies.

De nadruk in de studie ligt op technologie en technologiebeleid. Andere zaken krijgen minder aandacht. Dit is een bewuste keuze, niet in de laatste plaats om de problematiek tot hanteerbare proporties terug te brengen. Het betekent niet zonder meer dat andere zaken van minder belang zijn. Technologie is zeker niet de enige factor die bepalend is voor de ontwikkeling van de chemische industrie.

In de studie wordt, uit overwegingen van leesbaarheid, meermalen gesproken van 'de' Nederlandse chemische industrie en van 'de' overheid. De auteur is zich ervan bewust dat het hier om zeer pluriforme begrippen gaat. Zo wordt er bijvoorbeeld binnen de chemische industrie over bepaalde zaken heel verschillend gedacht. De voorliggende studie is dan ook niet te lezen als *de mening van* de chemische industrie. Zij bevat slechts *een mening over* de chemische industrie, zij het dat gebleken is dat deze mening door velen in de chemie wordt gedeeld.

2.1 Afbakening

De chemische industrie kenmerkt zich door een aanzienlijke technisch-economische complexiteit. Er bestaat een groot aantal, veelal onderling samenhangende, processen en produkten. In de literatuur wordt op verschillende wijzen getracht hierin structuur te brengen. Zo wordt bijvoorbeeld gesproken over basischemie en fijnchemie. Ongeveer parallel daarmee loopt de onderverdeling van produkten in 'commodities' (massaproductie, standaardisatie), 'intermediates' en 'specialties' of 'taylor-made' produkten (veelal discontinue productie, op specificatie).

Elke ordening van de chemische industrie is enigszins arbitrair en heeft onvolkomenheden. In deze studie zal worden uitgegaan van de indeling van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Het CBS hanteert de zogenaamde Standaard bedrijfsindeling (SBI) 1974. Op 3-digitniveau luidt deze indeling:

29	<i>Chemische industrie</i>
29.1	Kunstmeststoffen
29.2	Kunstharsen en dergelijke
29.3	Verf- en kleurstoffen
29.4	Overige chemische 'grondstoffen' (intermediates) (industriële gassen, anorganische chemische grondstoffen, synthetische reuk- en smaak- stoffen, organische chemische grondstoffen niet eerder genoemd)
29.5	Verf, lak, vernis en drukinkt
29.6	Genees- en verbandmiddelen
29.7	Zeep, was- en reinigingsmiddelen, parfumerie en cosmetica
29.8	Chemische bestrijdingsmiddelen en dergelijke
29.9	Overige chemische produkten (lijm- en plakmiddelen, chemische kantoor- benodigdheden, poetsmiddelen, fotochemische produkten, springstoffen en vuurwerk, overig)

De aldus afgebakende en onderverdeelde sector omvat zowel chemische producenten in engere zin ('moleculaire bewerkers') als verwerkers en mengers van chemische produkten. In de CBS-statistieken wordt de chemische industrie over het algemeen samengenomen met de kunstmatige en synthetische garen- en vezelindustrie (SBI-klasse 30). Olieraffinaderijen vallen buiten deze combinatie. De petrochemie, die produkten van raffina-

derijen (nafta, andere kraakfracties) als grondstof gebruikt, is wel opgenomen⁵.

2.2 Produktie

De chemische industrie heeft sinds de tweede wereldoorlog een sterke groei doorgemaakt. Zo is, in inflatie-gecorrigeerde CBS-volumetermen, de jaarlijkse produktie van de Nederlandse chemische industrie in de periode 1950-1989 met meer dan een factor 20 toegenomen. Deze volumegroei was niet gelijkmatig. Afgezien van kortstondige conjuncturele fluctuaties, zijn globaal de volgende perioden te onderscheiden:

Tabel 2.1 **Jaarlijkse groei voet (% , volume, NL)**

	chemische industrie	totale industrie
1948-1960	8,2	5,4
1960-1974	13,5	6,0
1974-1989	5,1	1,9

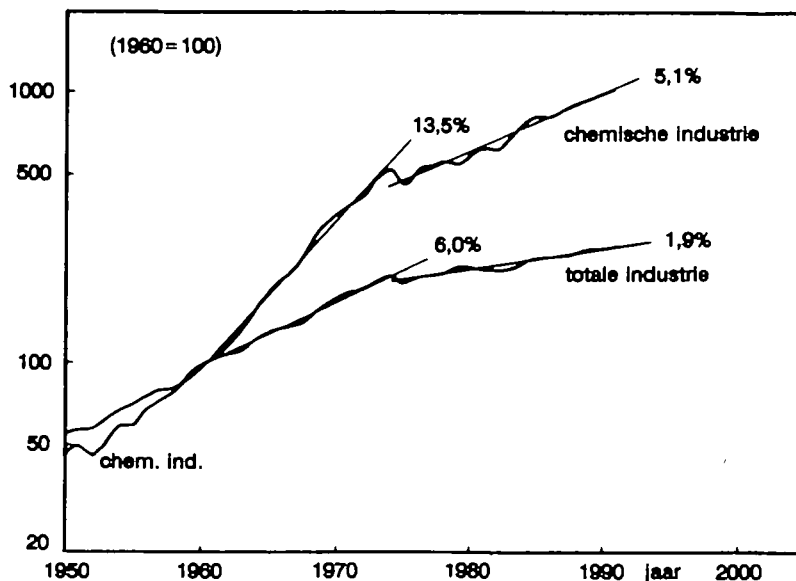
Voorgaande cijfers illustreren de eerder gemaakte opmerking dat de groeivoet van de chemische industrie die van de totale industrie veelal aanmerkelijk overtreft. De produktiestructuur van de Nederlandse industrie verschuift (nog steeds) richting chemie. Als structurele oorzaken van deze verschuiving kunnen worden genoemd: een relatief hoge chemische component in marginale behoeft patronen, een verdringing van andere (niet-chemische) produkten, zoals de substitutie van metalen door plastics in auto's, en de verdringing van andere (buitenlandse) chemische producenten. Een interessant detail is dat de oliecrises van de jaren zeventig niet hebben geleid tot een tijdelijke inzinking, maar de chemische industrie in een andere 'groeimode' lijken te hebben gedrukt (van 13,5% naar 5,1%, zie figuur 2.1). Dit feit kan worden gezien als een indicatie dat er in het begin van de jaren zeventig in de chemische industrie meer aan de hand was dan alleen maar het externe schokeffect van de toenmalige oliecrises.

Andere moderne economieën met een belangrijke chemische industrie vertonen meestal een soortgelijk beeld als dat van figuur 2.1. Ook daar groeit de chemische industrie grosso modo sterker dan de totale industrie. Zo groeide in de periode van 1960-1974 in de EG de totale industrie reëel met gemiddeld 5% per jaar en de chemische industrie met 10%. Bij sommige chemische basisprodukten was de groei nog onstuimiger. De produktie van de belangrijke intermediaire grondstof eth(yl)een groeide in genoemde periode bijvoorbeeld met 25% per jaar⁶.

⁵] In vele andere sectoren van de Nederlandse Industrie worden chemische processen toegepast, zoals in de mijnbouw, de olieraffinage, de landbouw, de voedingsmiddelenindustrie, de metallurgie en de papier- en textielindustrie. De grenzen tussen de eerder gedefinieerde chemische industrie (SBI 29/30) en de andere economische sectoren zijn vaag en worden onder invloed van de technologische ontwikkeling vager.

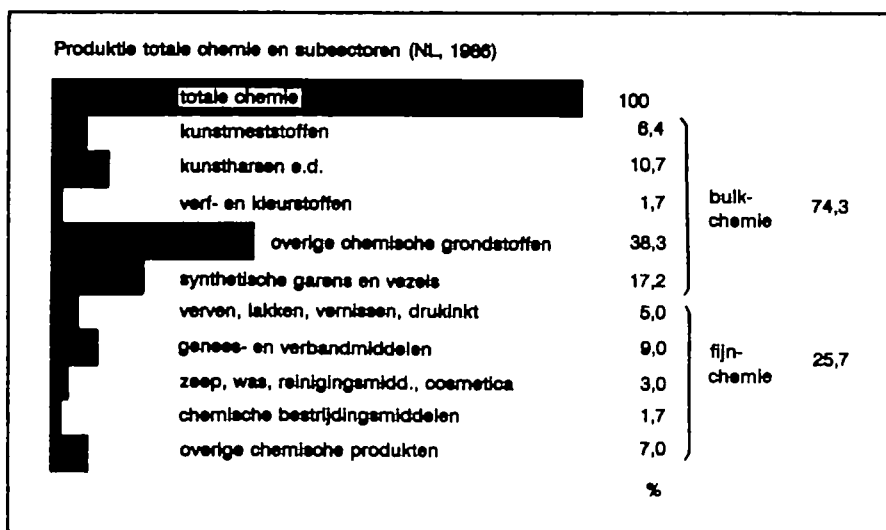
⁶] P.M.E.M. van der Grinten, Maturity and rejuvenation in the chemical industry, DSM, 1985.

Figuur 2.1 De produktie van de chemische industrie en van de totale industrie, in Nederland (1960=100, CBS-volumetermen)



Bron: gebaseerd op CBS-gegevens, SBI 29/30

Figuur 2.2 De verdeling van chemische produktie over subsectoren, in 1986 in Nederland.



Bron: gebaseerd op CBS-gegevens

Chemische productie heeft over het algemeen, zowel technisch als organisatorisch, een aanzienlijke schaalgevoeligheid. Dit heeft geleid tot het ontstaan van *zeer grote chemische bedrijven*. Zo is de omzet van het grootste chemische bedrijf ter wereld, in 1987 BASF en in 1988 Du Pont, ruwweg 30% groter dan de totale in Nederland geproduceerde omzet van de chemische industrie. Enkele zeer grote chemische bedrijven hebben hun hoofdkantoor in Nederland gevestigd. Drie ervan behoren tot de twintig grootste chemische bedrijven ter wereld. Een overzicht van de situatie in 1987 volgt hieronder. Het gaat hierbij slechts om een momentaan beeld. Van jaar tot jaar doen zich wijzigingen voor.

Tabel 2.2 De twintig grootste chemische bedrijven ter wereld (gerekend naar wereldomzet, in 1987)

Bedrijf	Hoofdkantoor gevestigd in	Omzet 1987 \$ miljard
1 BASF	Duitsland	25,6
2 Bayer	Duitsland	23,6
3 Hoechst	Duitsland	23,5
4 ICI	Groot-Brittannië	21,0
5 Du Pont	Verenigde Staten	17,6
6 Dow Chemical	Verenigde Staten	13,4
7 Ciba-Geigy	Zwitserland	12,4
8 Montedison	Italië	11,9
9 Shell	<i>Nederland</i>	11,7
10 Rhone-Poulenc	Frankrijk	10,6
11 Akzo	<i>Nederland</i>	8,8
12 Monsanto	Verenigde Staten	7,6
13 Exxon	Verenigde Staten	7,2
14 Sandoz	Zwitserland	7,1
15 Union Carbide	Verenigde Staten	6,9
16 Solvay	België	6,8
17 Roche Sapac	Zwitserland	6,1
18 EniChem	Italië	5,3
19 Norsk Hydro	Noorwegen	5,3
20 DSM	<i>Nederland</i>	5,1

Bron: De ingenieur, nr.3, maart 1989

West-Europa neemt ongeveer 30% van de wereldproductie in de chemie voor zijn rekening. Dit aandeel is sinds het midden van de jaren zestig licht stijgende. Zeer globaal bekeken, lijken zich in de *mondiale verdeling* van de chemische productie de laatste decennia geen grote wijzigingen te hebben voorgedaan. Alleen het (nog kleine) aandeel van Japan is sterk stijgende. Dit globale beeld dient op juiste wijze te worden geïnterpreteerd. Het betekent niet dat er in de chemie weinig aan de hand is. Des te lager het aggregatieniveau waarop wordt gekeken, des te groter en dramatischer vaak de verschuivingen. Een regionaal verdeelde produktmarkt verschuift meer en meer naar een produktverdeelde wereldmarkt, met soms nog maar

enkele producenten per produkt. Dat dit op bedrijfsniveau grote gevolgen heeft of kan hebben, spreekt voor zich. De chemische industrie bevindt zich reeds enige tijd in een periode van heroriëntatie in termen van produkt- en marktkeuze.

Tabel 2.3 De mondiale verdeling van chemische produktie (%)

	1960	1965	1970	1975	1980
West-Europa	27,6	25,5	27,0	29,1	30,1
Noord-Amerika	36,8	32,7	28,0	25,1	28,9
Oost-Europa	25,0	27,0	24,5	24,9	21,3
Japan	4,0	4,5	8,5	8,9	10,2
Rest wereld	6,6	10,3	12,0	12,0	9,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

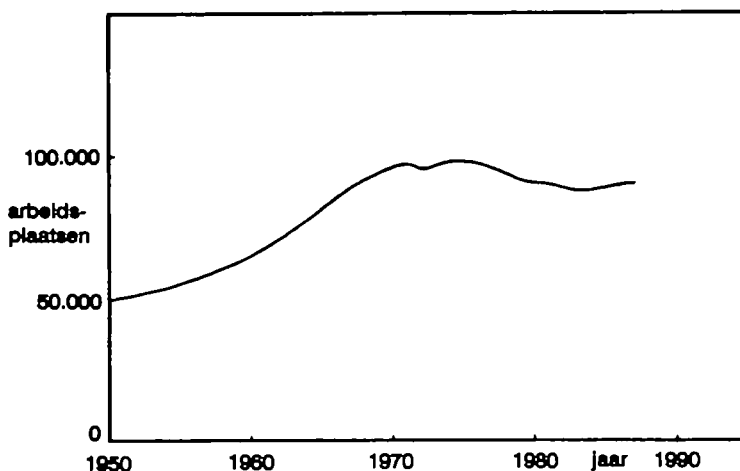
Bron: R. de Schutter en M. Stroobants, Les perspectives d'emploi dans la chimie Européenne, FAST Occasional Paper 29, 1981

2.3 Werkgelegenheid

Moderne chemische produktie is over het algemeen weinig arbeidsintensief. Van de prijsopbouw van chemische produkten kwam in 1986 gemiddeld over de gehele Nederlandse chemische sector 16,6 % voor rekening van de factor arbeid. Grondstoffen en energiedragers namen 56,5% voor hun rekening. Het aandeel van de chemische industrie in de totale industriële werkgelegenheid was in Nederland in 1986 11,4%, tegenover een aandeel van 14,8% in de totale industriële produktie. In 1986 bedroeg de directe werkgelegenheid in de Nederlandse chemische industrie 91.000 arbeidsplaatsen. De indirecte werkgelegenheid, dat wil zeggen de werkgelegenheid die verborgen zit in de toeleveringen aan de chemische industrie (grondstoffen, energiedragers, kapitaalgoederen, diensten) is vele malen groter. Er vanuit gaande dat in feite elke kostprijs gecumuleerde arbeidsbeloningen omvat, kan worden gesteld dat de verhouding tussen directe en indirecte werkgelegenheid ruwweg gelijk is aan 1 : 5. Het grootste deel van de indirecte werkgelegenheid van de Nederlandse chemische industrie bevindt zich overigens in het buitenland. In figuur 2.3 wordt de tijdsontwikkeling van de (directe) werkgelegenheid meer gedetailleerd weergegeven.

De sterkste groei van de directe werkgelegenheid in de Nederlandse chemische industrie na de tweede wereldoorlog trad op in het midden van de jaren zestig. Vanaf ongeveer 1970 stabiliseerde de werkgelegenheid zich, om vervolgens na 1976 licht te dalen. In de periode 1983-1989 was weer sprake van een zeer geringe stijging.

Figuur 2.3 **Werkgelegenheid in de Nederlandse chemische industrie**



Bron: jaarverslag VNCI 1987 en CBS-gegevens

2.4 Export

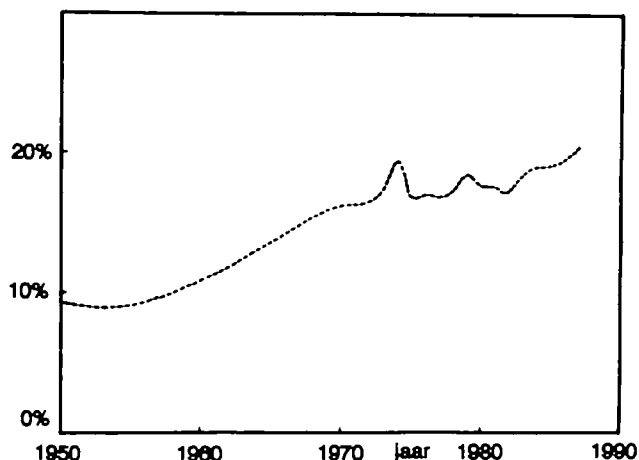
De Nederlandse chemische industrie is sterk internationaal georiënteerd. Dit uit zich onder meer in een aanzienlijk import en export van chemische grondstoffen en produkten. Ruim 70% van de Nederlandse chemische productie wordt geëxporteerd, voor het overgrote deel naar andere E.G.-landen. Nederland is, over de gehele chemische sector genomen, een netto-exporteur. De uitvoer/invoer-quote voor chemische produkten bedroeg in 1987 1,65, hetgeen betekent dat in geldwaarde 65% meer werd geëxporteerd dan werd geïmporteerd.

Eerder in dit hoofdstuk werd gewezen op een verschuiving van de industriële produktiestructuur richting chemie. Deze verschuiving is ook zichtbaar in de exportcijfers. Zo nam het aandeel van de chemie in de totale export van Nederland tussen 1950 en 1987 toe van 9,3% naar 20,4%. Meer gedetailleerde informatie over dit aandeel wordt gegeven in figuur 2.4.

2.5 Investerings

De economische dynamiek van een sector weerspiegelt zich in het investeringsgedrag. Met name in een kapitaalintensieve sector als de chemie - 21,9% van de industriële kapitaalgoederenvoorraad bevindt zich in de chemische industrie, tegen een productieaandeel van 14,8% - is dit gedrag van belang. Zo kunnen te hoge investeringen, bijvoorbeeld voortkomend uit een zeker overoptimisme in de mogelijkheden van de markt, in de (basis)-chemie al gauw leiden tot overcapaciteit en onderbezetting van de dure productie-installaties.

Figuur 2.4 **Het aandeel van de chemie in de totale export van Nederland**

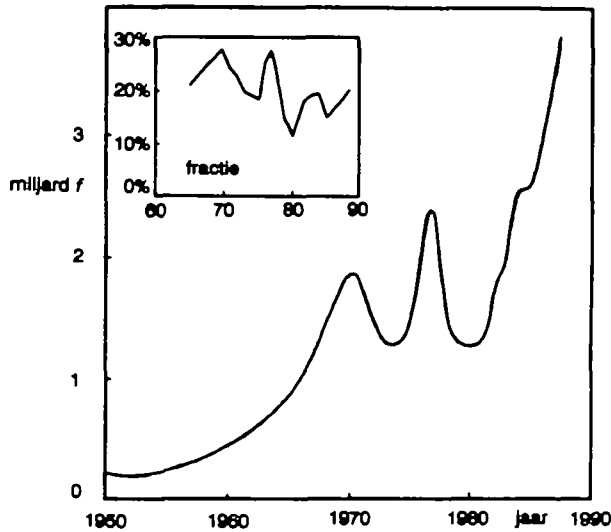


Bron: jaarverslag VNCI, 1987

Het tijdsverloop van de investeringen in de chemie vertoont een interessant beeld. Rond de jaren zestig ontstond in de chemie een aanmerkelijk vertrouwen in de economie, hetgeen zich uitte in een gestadige en forse groei van de investeringen. Op jaarbasis was deze groei in de periode 1960-1965 in Nederland 13,5%, redelijk in tred met de produktiegroei. In het midden van de jaren zestig helde, achteraf gezien, dit vertrouwen over naar overoptimisme. De investeringen namen met bijna 18% per jaar toe, veel meer dan de gemiddelde produktiegroei. Tegen 1970 werden de gevolgen hiervan en ook van enkele andere structurele zwakheden duidelijk en trad een kentering op. De investeringen daalden tussen 1970 en 1973 met 32%. Mede geaccentueerd door de oliecrises ontstond eind 1973 een noodzaak voor sanering en heroriëntatie. Dit leidde tot een rationalisatiegolf in de investeringen. Een ontwikkeling die, gegeven het feit dat ook elders in de economie de koers op sanering en rationalisatie werd gezet, uiteindelijk leidde tot een algemene aanpassingsmalaise. In de periode 1981-1989 vertoonde de chemische sector als geheel een sterke opleving die zich onder meer uitte in een sterke toename van de investeringen, zie figuur 2.5.

Indien de investeringen in de chemie worden vergeleken met die van de totale industrie, dan blijkt de forse stijging vanaf 1981 (nog) niet te hebben geleid tot een toename van het aandeel van de chemie in de totale industriële investeringen. Elders in de industrie zijn de investeringen ook fors gestegen. Er zou zelfs een licht dalende lijn in het aandeel van de chemie kunnen worden ontdekt, zie de linker bovenhoek in figuur 2.5. Dit is op het eerste gezicht een vreemde zaak. In figuur 2.1 was immers zichtbaar dat de chemische industrie sterker groeit dan de totale industrie. Gegeven het feit dat de chemische industrie relatief kapitaalintensief is, zou dit juist moeten betekenen dat het aandeel van de chemie in de totale investeringen toeneemt.

Figuur 2.5 **Investerings in de Nederlandse chemische industrie**



Bron: gebaseerd op CBS-gegevens

De verklaring van deze discrepantie kan worden gevonden in een relatieve verschuiving van de kapitaalcoëfficiënten⁷. De kapitaalintensiteit van chemische productie is ten opzichte van de rest van de economie gemiddeld genomen iets gedaald. Verder moet hier worden gewezen op het feit dat in de jaren 80 sprake was van een verhoudingsgewijs sterke onderbezetting in de chemie. In die omstandigheid kon door toename van de bezettingsgraad de productie tijdelijk vrijwel investeringsloos groeien. Dit effect is veelal geprononceerder naarmate de kapitaalintensiteit hoger is en de kapitaalgoederen technisch en economisch een langere levensduur hebben. Eveneens is in de chemie sprake van 'capacity creep': het door marginale investeringen zodanig verbeteren van bestaande productie-installaties dat een significante capaciteitsuitbreiding wordt bereikt. Nieuwe technologieën geven hiervoor in de chemie momenteel interessante mogelijkheden.

Na verloop van tijd lopen verhoging van de bezettingsgraad en 'capacity creep' tegen grenzen en zal weer moeten worden overgegaan tot het bouwen van geheel nieuwe installaties. Deze zijn, vooral in de basischemie, om technologische en economische redenen vaak grootschalig, hetgeen het gevaar van overcapaciteit reëel maakt. Dit verklaart, in of vlak na een periode van onzekerheid, de aarzelingen en initiële traagheid bij grote uitbreidingsinvesteringen. In de chemische industrie is het moment waarop zal moeten worden overgegaan tot belangrijke uitbreidingsinvesteringen nabij en in sommige subsectoren reeds gepasseerd.

⁷] Een ruwe schatting geeft aan dat, in Nederland over de periode 1960-1989, de kapitaalintensiteit (K/Y) van de chemische industrie met ongeveer 1,6% per jaar ten opzichte van die van de totale industrie is gedaald.

Belangrijke ontwikkelingen in en rond de chemische industrie

3

In het voorgaande werd de economische positie van de chemische industrie geschetst. Hierbij werd gewezen op enkele economische ontwikkelingen uit het nabije verleden. In dit hoofdstuk zal de optiek worden verruimd en worden getracht een stap in de (nabije) toekomst te zetten.

3.1 De opkomst van nieuwe basistechnologieën

Een belangrijke kracht achter vele veranderingen in de chemische industrie komt voort uit de opkomst van een nieuwe generatie basistechnologieën. Vrijwel elk chemisch bedrijf zal direct of indirect met deze nieuwe generatie - informatietechnieken, nieuwe materialen en (nieuwe) biotechnologische technieken - te maken krijgen. Hieronder wordt een en ander nader uitgewerkt.

3.1.1 Nieuwe informatietechnieken en -systemen

Gedragen door verbeteringen op het gebied van micro-elektronica, sensoren, geheugens, computersystemen en bijbehorende software, interfacesystemen, netwerkarchitectuur, glasvezel- en satellietcommunicatie treden er bij informatiebewerking, -verwerking en -overdracht veranderingen op die zowel technisch als economisch zeer interessant zijn.

De informatieomgeving van het chemische bedrijf verschuift. De afstand valt als beperkende factor bij de overdracht van informatie steeds meer weg. Voor de grotere afstanden is er een sterke kostendaling per eenheid overgebrachte informatie. Het informatieoverdrachtssysteem wordt breedbandiger, per tijdseenheid kan meer informatie worden overgezonden. Er treedt een convergentie op tussen computer-, transmissie- en schakeltechnieken. Digitalisering maakt het mogelijk transmissiewegen beter te gebruiken (geavanceerde multiplex), de kwaliteit en de flexibiliteit te verhogen en nieuwe diensten te verlenen. Het informatieoverdrachtssysteem krijgt een zekere mate van 'intelligentie'⁸.

De drastische vooruitgang in computersystemen en instrumenten leidt onder meer tot een aanzienlijke *wetenschappelijke versteviging van de R&D-functie* in de chemische industrie. Door het gebruik van geavanceerde, in het micro-, nano-, pico- en zelfs femtogebed opererende apparatuur kunnen reactieprocessen beter worden gevolgd en worden begrepen. De kennis omtrent dynamische verschijnselen neemt snel toe. Computers worden meer en meer ingezet om reactiviteiten te voorspellen, reactiepaden te ontwerpen, moleculaire structuren te begrijpen en te koppelen aan macroscopische functionele eigenschappen van stoffen en produkten. Het wordt meer en meer mogelijk zeer complexe produktiesystemen vrij natuurgetrouw na te bootsen en vooraf 'op het droge' te onderzoeken en te optimaliseren. Bij

⁸] W.M. de Jong, Informatietechniek in beweging: consequenties en mogelijkheden voor Nederland, Voorstudie WRR M14, 's-Gravenhage, 1982.

deze optimalisatie kunnen verschillende aspecten worden meegenomen (grondstoffen, energie, veiligheid, milieu). Het doelgericht en op meer wetenschappelijke wijze zoeken naar nieuwe producten vindt ingang. De eerste resultaten van deze aanpak worden zichtbaar, bijvoorbeeld in de farmacie⁹. Reeds bij het ontwerp van nieuwe producten en van nieuwe processen kan met specifieke eisen van de klant rekening worden gehouden.

In grote continue processen, zoals gebruikelijk in de basischemie, is *automatisering* reeds ver voortgeschreden. Toch zal ook daar de verbetering van computerhardware en -software, sensoren, interfacesystemen en instrumenten zich laten voelen. Er is onder meer een trend naar de inzet van kennis-systemen. Bij deze materiële kennissystemen wordt getracht op 'intelligente' wijze de bijna verlamdende overmaat aan procesmatige informatie te reduceren en optimaal aan de operator te presenteren. Nieuwe interfacemethoden - naast beeldschermen met datapresentatie ook videobeelden en geluid - spelen daarbij een cruciale rol. De kennissystemen zullen in toenemende mate on-line in tijdkritische omgeving worden gebruikt, zij het dat voor de meeste potentiële on-line toepassingen nog grote technische en ergonomische barrières moeten worden genomen.

Naast optimalisatie van procesonderdelen wordt meer en meer optimalisatie van totale systemen toegepast. De komst van geavanceerde computersystemen en aanverwante apparatuur heeft in feite de productiefilosofie binnen de chemische industrie aanzienlijk veranderd. Er is sprake van een dynamisering van het productieproces, in die zin dat niet meer vanuit een gegeven input(mix) een lange tijd vooraf vastgestelde output(mix) wordt geproduceerd, maar dat flexibel wordt ingespeeld op interne en externe veranderingen.

De voortdurende aandacht voor nieuwe mogelijkheden van automatisering heeft een gunstige bijkomstigheid. Voortgang vereist een toenemende kennis van de materie- en energiestromen en van de organisatorische vormgeving van het totale productieproces. Een toename van deze kennis van bestaande systemen kan op zich al een behoorlijke verbetering van het desbetreffende productieproces opleveren.

Nieuwe vormen van automatisering laten de producten en de dienstverlening van de chemische industrie niet ongemoeid. Er zijn mogelijkheden voor een flinke kwaliteitsverbetering. In de basischemie, waar vroeger sprake was van enkele basisproducten, ontstaan nu vele honderden producten, ieder met een verschillende applicatie. Voorraadvorming is minder zinvol. De klant bestelt en het product wordt steeds meer op specificatie geproduceerd en geleverd. Het spreekt voor zich dat dit een grote flexibiliteit van de productiesystemen vereist. Er is onder meer een trend naar steeds kortere omsteltijden bij steeds nauwere proces- en produktspecificaties.

Ook bij discontinue chemische productieprocessen bieden nieuwe informatietechnieken en dergelijke belangrijke mogelijkheden voor verdere automatisering en verbetering van product en dienstverlening. Het gaat daarbij

⁹] Op dit gebied kunnen worden genoemd de welbekende *beta*-blokkers en de H_2 -antagonisten.

vooral om verkleining van wachttijden en verkorting van doorstroom- en omsteltijden. Just-in-time concepten - zaken die, voor zover er een uit de assemblage-industrie afkomstige betekenis aan wordt toegekend, voor continue processen op dit moment minder belangrijk zijn - krijgen daar meer en meer een realistische en economisch zinvolle invulling.

Zoals gesteld, kunnen de voordelen van automatisering worden geoptimaliseerd als rekening wordt gehouden met het hele productieproces. Ook aan de automatisering van administratieve en kantooractiviteiten zal een intelligente dimensie moeten worden gegeven. Het kantoor-van-de-toekomst is ook voor de chemische industrie van belang.

De logistiek van materie- en informatiestromen is in bepaalde opzichten en in sommige onderdelen van de chemische industrie eigenlijk nog een jonge activiteit. Er kan hier nog veel worden verbeterd, met name ook als het gaat om de aanpassing van deze logistiek aan nieuwe marktontwikkelingen en nieuwe productiecondities. Sommige andere bedrijfstakken, zoals de automobiellindustrie, zijn op onderdelen reeds verder. De verwachting is dat deze achterstand, met inachtneming van het specifieke karakter van chemische productie, snel kan worden ingehaald.

Het beheer en de optimalisatie van gehele systemen impliceren een zekere functionele integratie en technische doorkoppeling van de onderdelen daarvan. Een grote uitdaging voor de chemische industrie is deze integratie en doorkoppeling zo vorm te geven dat zij hun doel niet voorbij schieten en verstarrend en innovatiebelemmerend gaan werken.

3.1.2 Nieuwe materialen

Onder (nieuwe) materialen worden veelal stoffen verstaan die worden gebruikt voor de constructie van kapitaalgoederen en van duurzame consumptiegoederen. Het begrip materiaal is echter niet scherp gedefinieerd, waarbij nog komt dat onder druk van de technische ontwikkeling allerlei grensvervagingen optreden.

De chemische industrie zal op verschillende manieren met nieuwe materialen in aanraking komen. Ten eerste zal zij zelf de producent zijn van een aantal nieuwe materialen. Ten tweede zal haar inbreng worden gevraagd in de ontwikkeling en de toepassing van nieuwe materialen die door andere sectoren (zoals de metaalindustrie) zullen worden geproduceerd. Ten derde zullen bestaande chemische produkten door nieuwe materialen van binnen en van buiten de chemische industrie concurrentie worden aangedaan.

Een globaal overzicht van nieuwe materialen waaraan momenteel wordt gewerkt, volgt hieronder ¹⁰:

¹⁰] Discussienota materialenonderzoek, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, 1983.

Globaal overzicht van nieuwe materialen

polymeren en multipolymeersystemen

- elektrisch geleidende polymeren
 - zichzelf versterkende polymeren
 - supersterke polymeervezels
 - engineering plastics
 - nieuwe coatings
 - biologisch afbreekbare polymeren
 - biomedische polymeren
-

hoogwaardige keramiek en glas

- geavanceerde vuurvaste keramiek
 - elektro-keramiek (waaronder hoge- T_c supergeleiders)
 - superharde keramiek
 - speciale glazen (onder meer voor optische communicatie)
 - macro-defectvrij cement
-

metalen

- amorfe en micro-kristallijne metalen
 - High Strength Low Alloy staal (HSLA)
 - staalfolie
 - superplastische materialen
 - poedertechnologie
 - legeringen met vormgeheugen
 - geavanceerde legeringen met speciale eigenschappen
-

composietmaterialen

De introductie van nieuwe materialen is over het algemeen geen zaak waarbij eenvoudig van het ene (conventionele) materiaal op het andere (nieuwe) materiaal kan worden overgegaan. Nieuwe materialen vragen veelal een geheel andere aanpak bij verwerking. Zo zal er om ten volle profijt te hebben van vezelversterkte composietmaterialen een integratie van uiteenlopende technische disciplines moeten plaatsvinden. Hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor keramiek waar het steeds duidelijker wordt dat de fysica-georiënteerde metallurgische aanpak voor een goede benutting onvoldoende is en onder meer in chemische richting moet worden uitgebouwd.

Conventionele materialen zijn in de loop der tijd zo sterk verbeterd dat zij voor vele toepassingen redelijk goed voldoen. Dit betekent dat, gegeven de vaak hoge initiële prijs, nieuwe materialen vaak in eerste instantie hun toepassing zullen vinden in meer extreme omgeving (hoge temperaturen, hoge fysieke en chemische belasting). De chemische industrie zal een toepassingsgebied vormen. Vele materiaaleigenschappen spelen bij dergelijke extreme toepassingen een rol en het is zeker niet zo dat nieuwe materia-

len op alle fronten hoog scoren. Van belang zijn zaken als sterkte, taaierheid, hardheid, bestandheid tegen corrosie, gedrag onder statische en dynamische belasting, gevoeligheid voor tijdsafhankelijk materiaalgedrag (kruip, veroudering), temperatuurgevoeligheid, verwerkingsmogelijkheden (verspanen, gieten, walsen, lassen, lijmen) en elektrische en magnetische eigenschappen. Het is desalniettemin te verwachten dat vele nieuwe materialen met succes op diverse plaatsen in de economie kunnen worden toegepast en dat het gebruik ervan zich in de loop van de tijd zal verbreden. Bij sommige nieuwe materialen gaat het ongetwijfeld om massaproducten van de toekomst.

3.1.3 Biotechnologie

De meest intelligente fabriek van organische verbindingen wordt vaak in de natuur gevonden. De biotechnologie stelt zich tot doel dit natuurlijke vermogen met behulp van diverse manipulatietechnieken te vergroten en op economisch zinvolle wijze te benutten.

Bij biotechnologie wordt gebruik gemaakt van de metabolistische activiteiten van micro-organismen, plantecellen, diercellen of delen daarvan. Biologische processen spelen reeds lang een rol bij de produktie van voedings- en genotmiddelen (kaas, yoghurt, wijn, bier, gisten) en meer recentelijk ook bij farmaceutische produkten (antibiotica, vitaminen en steroïden). De nieuwe ontwikkelingen op het gebied van biotechnologie worden vooral aangedreven door twee zaken: een integratie van sterk toenemende inzichten in verschillende aangrenzende wetenschappelijke en technische disciplines en een gebruik van nieuwe en sterk verbeterde technieken voor analyse, synthese en manipulatie. Meer specifiek zijn de volgende gebieden sterk in beweging:

<i>fermentatie</i>	gebaseerd op het gebruik van micro-organismen als gisten, schimmels, algen en bacteriën
<i>celculturen</i>	plantecellen en diercellen, veelal voor de produktie van complexere verbindingen dan boven, micropropagatie van planten
<i>celfusie</i>	versmelting van gunstige eigenschappen van verschillende cel(de)len
<i>enzymtechnologie</i>	afzonderlijk gebruik van enzymen, waar nodig geïmmobiliseerd op inerte dragers, als katalysator en als produkt, monoclonale diagnostiek
<i>rDNA</i>	genetische manipulatie, het veranderen van de genetische structuur (en daarmee van de stofwisselingeigenschappen) van bovenvermelde micro-organismen en cellen.

Voorals wetenschappelijk gezien gaan de ontwikkelingen zeer snel. Het inzicht in biologische processen neemt sterk toe en daarmee soms ook het zicht op belangrijke economisch rendabele toepassingen. De belangrijkste toepassingen worden hieronder kort samengevat:

Mogelijke toepassingen van biotechnologie

chemie

- alternatieve wegen voor de produktie van bestaande fijnchemicaliën (selectiever, minder energieverbruik en soms, maar zeker niet altijd, minder milieuvervuiling)
 - nieuwe fijnchemicaliën (zie hieronder)
 - biotechnologie kan een rol spelen bij de overgang op andere grondstoffen (biomassa)
-

voeding

- vooral verbetering van bestaande biotechnologische processen (fermentatie en enzymtechnologie)
 - ontwikkeling van nieuwe additieven (zoetstoffen, smaak- en geurstoffen, kleurstoffen, stabilisatoren)
 - verbetering van voedingsmiddelen en produktie van nieuwe voedingsstoffen
 - verbeterde kwaliteitscontrole (snellere detectie van bederf en verontreiniging)
-

gezondheidszorg

- monoclonale antilichamen voor diagnose, voor scheiding van stoffen en voor therapie
 - menselijke hormonen en precursoren
 - vaccins en antisera
 - enzymen voor diagnose en therapie
 - immunomediators (stoffen die het afweermechanisme beïnvloeden)
 - stollingsfactoren en andere proteïnen
 - nieuwe generatie antibiotica
 - geneesmiddelafgiftesystemen
 - biocompatibele materialen
 - cosmetica, parfumerie
-

afvalverwerking

- grond/water/luchtreiniging
 - extractie van waardevolle of zeer schadelijke stoffen uit afval
-

winning van grondstoffen

- 'leaching' van metalen uit ertsen
- produktie van biogas uit organisch afval
- recirculatie
- specifiek geteelde organische grondstoffen

*landbouw/
veeteelt*

- verhoogde opbrengst van gewassen door deze beter bestand te maken tegen ziektes, vorst en bestrijdingsmiddelen
- verbetering van voedingswaarde van gewassen
- vermindering van produktiekosten (minder kunstmest, minder bestrijdingsmiddelen)
- nieuwe bestrijdingsmiddelen
- diervaccins en andere middelen voor dierverzorging en groeistimulering

Het aantal potentiële toepassingen van (nieuwe) biotechnologie is groot. De snelheid waarmee nieuwe produkten op de markt worden gebracht, valt echter in vele gebieden tegen¹¹. De snelle ontwikkeling op biotechnologisch gebied betreft op dit moment vooral de meer fundamentele kant van de zaak. De vertaling van de verworven nieuwe inzichten en technieken naar een rendabele commerciële produktie is meestal niet eenvoudig. Zo is het genetisch tot expressie brengen van een gunstige eigenschap in een micro-organisme slechts één stap op de weg naar commerciële produktie. Voor commercieel rendabele produktie zijn veelal nodig schaalvergroting en continuïteit in produktie. Deze twee zaken zijn bij biologische processen vaak moeilijker tot stand te brengen dan bij meer conventionele chemische produktie. Een belangrijk onderdeel van het produktieproces betreft 'downstream processing': de extractie, purificatie en stabilisatie van het gewenste produkt. Downstream processing is bij biologische processen over het algemeen moeilijker omdat zeer zorgvuldig en snel moet worden gewerkt, wil men het, in waterige omgeving vaak gemakkelijk afbreekbare produkt niet tijdens de handeling verliezen. De kosten van downstream processing beslaan veelal 80 à 90% van de totale produktiekosten. Naast geld vraagt de ontwikkeling van goede downstreamprocessen de nodige tijd.

Er zijn echter niet alleen technische problemen die de introductie van nieuwe biotechnologische produkten vertragen. Gewezen kan worden op de strijd die voortkomt uit de moeilijke patenteerbaarheid van bijvoorbeeld genetisch gemanipuleerde (micro)organismen en op de rol van overheidsregulering die, soms terecht maar soms ook onterecht, vertragend werkt. Verder is op enkele gebieden de acceptatie van nieuwe biotechnologische produkten door de consument een probleem. Globaal gesproken kan worden gesteld dat de aanloopperiode van de nieuwe generatie biotechnologie om diverse redenen langer is dan eerder door velen werd verwacht. De vooruitzichten op langere termijn zijn echter nog steeds zeer goed te noemen. Het gaat hier ongetwijfeld om een van de belangrijkste ontwikkelingen op technisch en op economisch gebied.

¹¹] De snelheid waarmee nieuwe biotechnologische produkten op de markt komen, is soms wel groter dan soortgelijke produkten in het verleden. In een aantal gevallen is deze snelheid echter toch nog onvoldoende om, gegeven de vaak smalle markten voor de desbetreffende produkten, de hoge investeringen (in R&D, in produktiecapaciteit en in het openbreken van de markt) op voldoende korte termijn terug te verdienen.

3.2 Over synergie tussen basistechnologieën en over incrementele innovaties

Hierboven werd een gecomprimeerde beschrijving gegeven van de opkomst van basistechnologieën: belangrijke technologieën die zich vrijwel overal in de economie en in de samenleving zullen doen voelen. Deze technologieën blijken in de praktijk een grote onderlinge synergie te vertonen. Van deze synergie zullen hieronder twee voorbeelden worden gegeven. Het eerste voorbeeld betreft de *ontwikkelingen op medisch gebied*. Dit voorbeeld, alhoewel iets anders van karakter dan de rest van de studie, wordt gekozen omdat het een belangrijk randgebied van de chemie betreft waar nog vele onvervulde behoeften liggen. Het geeft, naast de synergie tussen de genoemde basistechnologieën, onder meer een indruk van de ontwikkelingen in de farmaco-chemie, een belangrijk afzet- en toepassingsgebied van de fijnchemie ¹².

Synergie tussen basistechnologieën: de ontwikkelingen op medisch gebied als voorbeeld

Voorkoming van ziekte

- produktie van nieuwe vaccins en antisera (virussen, parasieten, en bacteriën), door middel van directe synthese of genetische manipulatietechnieken;
- ontwikkeling van nieuwe testmethoden voor detectie van schadelijke stoffen en micro-organismen in medische produkten en voeding (onder meer op basis van monoclonale antilichamen);
- betere opsporing en correctie van stofwisselings- en weefselafwijkingen die later tot ziekte kunnen leiden;
- genetische 'screening', onderzoek naar genetisch bepaalde aanleg voor ziekten; terughoudend verbruik of verbod noodzakelijk als geen therapeutische mogelijkheden voor handen zijn;
- meer inzicht in de relatie tussen voeding en ziekte, momenteel echter nog weinig algemeen geldige relaties met zekerheid bekend, opvattingen veranderen met een bijna mode-achtige grilligheid;
- door meer inzicht in risicofactoren in sommige gevallen meer mogelijkheden voor risicomijding.

Diagnose

- verdere ontwikkeling van onbloedige diagnosetechnieken (zoals computer assisted tomography, NMR, ultrasoon);
- immunodiagnostica, zeer gevoelige en specifieke analytische technieken gebaseerd op monoclonale antilichamen en enzymen, ontwikkeling van diagnosekits waardoor het aantonen van

¹²] W.M. de Jong, De economische effectiviteit van technologische ontwikkeling, Werkdocument WRR, 's-Gravenhage, juni 1988.

- bepaalde stoffen sterk kan worden versneld en worden vereenvoudigd, mogelijkheden voor zelfdiagnose door de patiënt, zelfcontrole met adaptieve instelling van medicatie;
- diagnosestelling met ondersteuning van computer-expertsystemen;
 - nieuwe apparatuur en voorzieningen voor diagnose op afstand;
 - automatisering van laboratoria, productiviteitsverhoging.
-

Therapie

- zuiverder geneesmiddelen, minder bijeffecten, onder meer door eliminatie van ongewenste stereo-isomeren;
 - ruimere beschikbaarheid van menselijke hormonen en enzymen, hierdoor meer mogelijkheden voor hormoon- en enzymtherapie;
 - alternatieve productiewegen voor bestaande stollingsfactoren, nieuwe stollingsfactoren en andere proteïnen;
 - toepassing van immunomediators (zoals interferonen, lymfokinen);
 - betere methoden voor extra-corporele bloedzuivering, onder meer door gebruik van zeer specifieke monoclonale antilichamen, hierdoor onder bepaalde voorwaarden genezing van vroeger dodelijke vergiftigingen (sommige paddestoelen, planten enz.);
 - nieuwe systemen voor *in vivo* 'drug targeting';
 - systemen voor *in vivo* geneesmiddelafgifte (passief en actief met sensoren);
 - nieuwe generatie antibiotica;
 - middelen ter vertraging van sommige verouderingsverschijnselen;
 - medische lasertechnieken;
 - ultrasoonstechnieken (diagnose, vergruizers);
 - genterapie, implantatie van genetisch gemanipuleerde cellijnen ter correctie van deficiënties;
 - vooruitgang in kankerbestrijding (nieuwe vormen van radiotherapie, combinatie van bestraling en hyperthermie, nieuwe cytostatica, meer sparende chirurgie, vroegtijdige diagnose door verbeterde diagnostiechnieken, immunotherapie ondersteund met rDNA-produkten);
 - verbetering van operatie-apparatuur, bewaking en behandeling;
 - betere keuze van optimale therapie door ondersteuning van computer-expertsystemen.
-

Hulpmiddelen

- ontwikkeling van biocompatibele materialen met toepassing op vele medische gebieden, met meer geëigende mechanische en fysieke eigenschappen, chemische stabiliteit in lichaamsomgeving, niet-toxisch en niet-carcinogeen gedrag, steriliseerbaar, verwerkbaar en bloed- en weefselcompatibel;
- betere interne en externe hulpmiddelen (protheses voor heup, knie en schouder, kunstledematen, bot, tanden, hartkleppen), bij externe middelen meer draagcomfort en bedieningsgemak,

- eenvoudiger en betere besturing, meer levensecht, langere levensduur;
- vooruitgang in implanteerbare kunstorganen, voorlopig echter nog weinig kunstorganen die functies van bestaande organen zonder grote nadelen langdurig kunnen overnemen;
- ontwikkeling van implanteerbare geneesmiddelafgiftesystemen, zowel passief (constant patroon in de tijd) als actief (met biosensoren, afgifte afhankelijk van bloedspiegels en omgevingsfactoren);
- verbeterde apparatuur voor gehandicapten (zoals leesapparatuur voor blinden met omzetting van tekst naar braille en naar gesproken woord, betere gehoorapparatuur, aangepaste gebruiksapparatuur).

Overige dienstverlening

- *in vitro* fertilisatie;
- mogelijkheden voor keuze van geslacht van kind door nieuwe separatietechnieken;
- opslag van gezonde eigen weefsels voor eventuele latere toepassing;
- verbetering van technieken om, daar waar door het individu gewenst en door wet- en regelgeving toegelaten, het leven op menswaardige wijze te beëindigen.

In bovenstaand overzicht zijn de diverse basistechnologieën duidelijk zichtbaar. Hetzelfde geldt in globale termen ook voor de bijdrage die de chemische industrie zal leveren. Een verdere explicatie valt buiten het kader van deze studie.

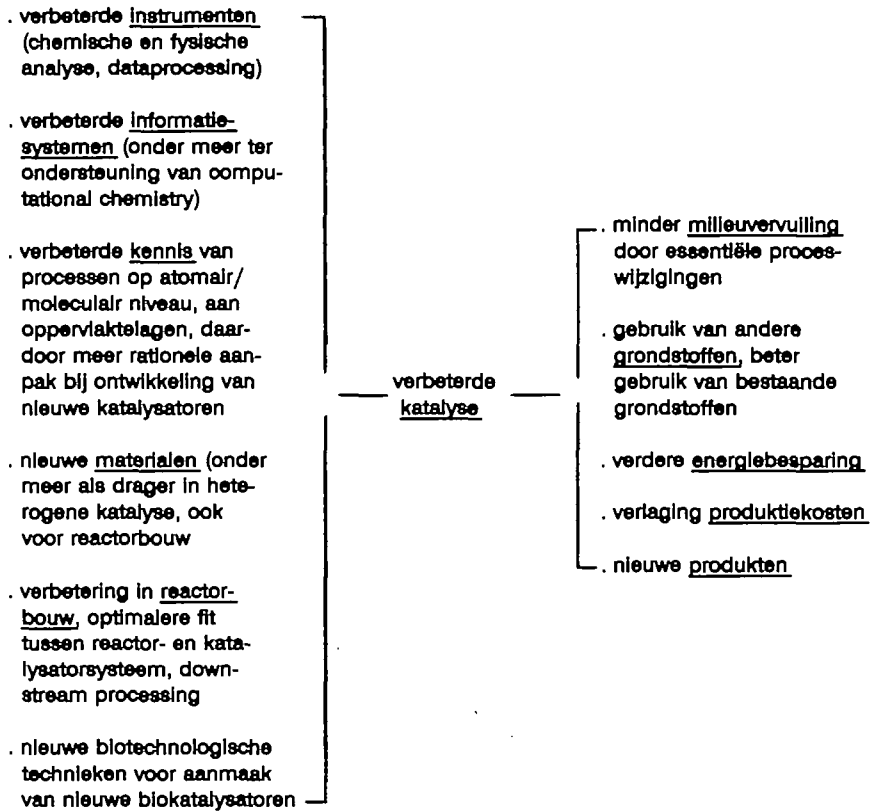
Een ander gebied dat door de samenkomst van basistechnologieën en daaruit voortkomende ontwikkelingen sterk wordt gestimuleerd, is *katalyse*. Op de volgende bladzijde wordt een schematisch overzicht van de meest interessante veranderingen op dit gebied gegeven.

De ontwikkelingen op het gebied van katalyse zijn van groot belang. De toenemende eis tot schonere en minder-energie-intensieve procesvoering, beter gebruik van grondstoffen, overgang op andere grondstoffen, hogere produktiviteit, nauwere produktspecificaties en snelle ontwikkeling van nieuwe produkten dwingt tot aanzienlijke verbeteringen op katalysegebied.

Meer dan 2/3 van de industrieel-chemische processen wordt momenteel gekatalyseerd¹³. De relatief belangrijke positie van de Nederlandse chemie hangt in hoge mate samen met de vooraanstaande plaats die Nederland in katalyseonderzoek en -toepassing inneemt.

¹³] Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV) en Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI), Keuzen en Kansen in de Chemie, augustus 1987.

Ontwikkelingen op het gebied van katalyse



Er zijn ook technische ontwikkelingen die niet zonder meer onder eerdergenoemde basistechnologieën of hun synergetische afgeleide kunnen worden gerangschikt. Het gaat daarbij vaak om sectorspecifieke ontwikkelingen, dat wil zeggen om technische ontwikkelingen die vooral of zelfs uitsluitend in de chemie zullen worden toegepast. In dit kader kan worden gewezen op de zogenaamde incrementele innovaties: kleine veranderingen die op zich veelal weinig technische of wetenschappelijke 'glamour' hebben, maar die in hun cumulatie economisch van groot belang zijn. Het ligt in de aard van deze innovaties dat zij moeilijk op algemene en samenvattende wijze zijn te beschrijven. Te dien aanzien zal hier dan ook geen poging worden ondernomen. Genoemde innovaties zijn onverbreekelijk verbonden aan de welbekende processen van 'learning by doing' en 'learning by using'.

3.3 Een toenemende innovatie-inspanning

In perioden waarin op het gebied van de economische bruikbaarheid van kennis snel vooruitgang wordt geboekt, en derhalve bestaande kennis economisch snel verouderd, zal de concurrentie tussen bedrijven (en tussen nationale economieën) meer aan het kennisfront worden gevoerd.

Het vormgeven aan het snel verschuivende kennisfront of het volgen daarvan wordt in dat geval van groot strategisch belang. Dit geeft een opwaartse druk op de middelen die voor dit doel moeten worden gereserveerd. Binnen bedrijven zullen in verhouding meer mensen en kapitaal moeten worden gericht op het verkrijgen van een technologische voorsprong en/of op het volgen en het overnemen van door anderen ontwikkelde verbeteringen. De innovatie-inspanning neemt toe.

Meer in detail zijn er ook andere redenen te noemen voor een toenemende innovatie-inspanning:

- technische innovatie in de chemische industrie rukt op naar *complexere gebieden en behoeften*. Vernieuwing stuit daar vaak op vrij fundamentele wetenschappelijke, technische, economische en soms ook maatschappelijke barrières. Het slechten hiervan is een kwestie van veel tijd, geld en mensen. Samenwerking tussen uiteenlopende disciplines, tussen verschillende bedrijfslagen en bedrijven en tussen bedrijfsleven en overheid is in toenemende mate een noodzakelijke voorwaarde voor economisch succes;
- in het verlengde van het voorgaande ligt het verschijnsel dat *de markt steeds hogere eisen stelt*. Er is in de markt van chemische producten een zekere verschuiving naar kwaliteitsverhoging en van produktdenken naar systeem- en functiedenken. De consumentenmarkt professionaliseert. De meerwaarde van chemische producten, vooral de specialties, wordt in toenemende mate bepaald door daaraan gekoppelde dienstverlening (bijvoorbeeld in termen van scherpe klantafhankelijke specificaties). Vele chemische producten worden onderdeel van een functioneel systeem, bijvoorbeeld ter bestrijding van planteziekten of ter bestrijding van milieuvervuiling. Dit betekent dat de chemische industrie met een toenemend aantal aspecten rekening moet houden. Bij belangrijke produktinnovaties moet de chemische industrie in grotere mate er zorg voor dragen dat het bestaande functionele systeem door henzelf of door anderen voldoende snel wordt aangepast of wordt ontworpen;
- een ander verschijnsel is dat *secundaire effecten van chemische productie primaire betekenis krijgen*. Chemische productie, producten en produktsystemen zullen aan strenger wordende marktcondities en randvoorwaarden moeten voldoen. Gedacht kan worden aan de ontwikkelingen op milieugebied. Ook dit maakt innovatie op een aantal gebieden complexer. Technisch en economisch veelbelovende innovaties kunnen afvallen doordat zij niet voldoen aan noodzakelijke milieueisen;
- *de resultaten moeten sneller beschikbaar zijn*. De levenscyclus van (vooral fijnchemische) producten heeft onder meer als gevolg van de eerder in deze studie geschetste ontwikkelingen de neiging korter te worden. Om de kosten van vernieuwing terug te verdienen, dient

snel te worden gehandeld. De eliminatie van bedrijfsinterne en bedrijfsexterne traagheden wordt van groot belang. Het succes van innovatie wordt in toenemende mate bepaald door de mate waarin de verschillende delen van de innovatie- en de produktieketen flexibel en zo naadloos mogelijk op elkaar kunnen worden aangesloten. Het verminderen van externe traagheden dwingt het bedrijfsleven in toenemende mate in politieke en maatschappelijke gebieden te treden die ver buiten de eigenlijke bedrijfsactiviteiten vallen.

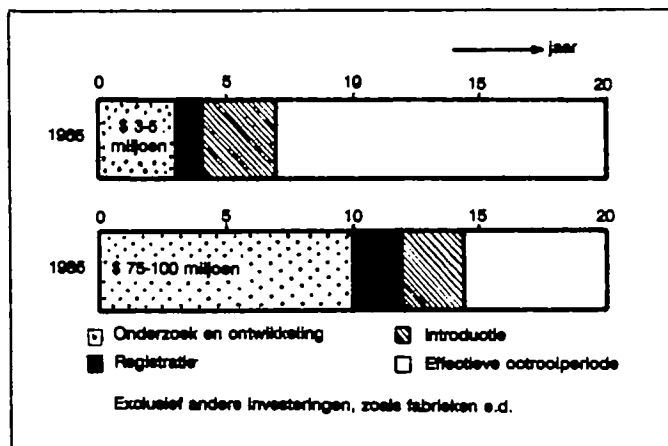
Het voorgaande heeft vooral betrekking op chemische bedrijven die zelf vorm geven aan het technologische front: de echte innovatoren. De volgers en imitatoren zijn echter vaak niet veel beter af. Om voldoende snel te kunnen imiteren is vrijwel een zelfde kennisbasis vereist als om te creëren. Vrijwel alles moet al in huis zijn.

Uit het voorgaande zou de indruk kunnen ontstaan dat door de technische ontwikkeling alles complexer, moeilijker en duurder wordt. In feite is echter een van de belangrijkste eigenschappen van de technische vernieuwing dat veel complexe zaken behoorlijk kunnen worden vereenvoudigd. De techniek staat toe gebieden te betreden die vroeger onbereikbaar waren. Dit geldt zowel op praktisch niveau als op theoretisch niveau. Zo vindt bijvoorbeeld een toenemend begrip van de fysische aspecten van de chemische technologie zijn weerslag in een betere mathematisch-fysische modellering, sturing en beheersing van processen. Zoals reeds eerder gesteld, wordt het meer en meer mogelijk zeer complexe systemen vrij natuurgetrouw na te bootsen en te onderzoeken. De kern van de toenemende innovatie-inspanning zou als volgt kunnen worden geformuleerd: een, mede door de technische ontwikkeling opgeroepen, verschuiving naar zaken die, ondanks alle technische verbeteringen, een grotere inspanning vereisen.

Sterk toenemende innovatiekosten stellen eisen aan het economische en het maatschappelijke draagvlak voor innovatie, zowel binnen als buiten de bedrijven. In een aantal gevallen dient een toenemend percentage van de middelen te worden ingezet voor innovatie, dat wil zeggen voor activiteiten waarvan de uitkomst over het algemeen zeer onzeker is en onzekerder lijkt te worden. Niet in alle gevallen en onder alle omstandigheden kan er bij voorbaat van worden uitgegaan dat een dergelijk draagvlak aanwezig is. Verschillen tussen bedrijven en tussen landen in de bereidheid tot het nemen van bepaalde innovatierisico's zullen in de toekomst een grote(re) rol gaan spelen in de verdeling van economische welvaart. Hierbij zal het overigens niet altijd zo zijn dat de grootste risicobereidheid samengaat met het grootste economische succes.

Op zich behoeft de toename van de innovatiekosten in macro-economisch opzicht nog niet slecht te zijn. Hoge innovatiekosten betekenen immers, *als* zij geen belemmering zijn voor innovatie, in principe veel werkgelegenheid in de innovatiesfeer en in daarmee gelieerde sectoren van bedrijvigheid. Het is echter, zoals reeds eerder gesteld, niet zeker *dat* zij geen belemmering zijn voor innovatie. Een enkel, overigens vrij traditioneel, voorbeeld uit de farmaceutische industrie kan dit verduidelijken.

Figuur 3.1 Gemiddelde innovatiekosten en octroolbescherming voor een nieuw geneesmiddel, in de periode 1965-1985



Bron: H. Hage, 'Farmaceutische industrie: onderzoek nieuwe geneesmiddelen in gevaar', Toegepaste Wetenschap TNO, maart 1987, 19-22

De kosten voor onderzoek, ontwikkeling en registratie van een nieuw geneesmiddel zijn gemiddeld genomen sterk toegenomen (20-voudig in een periode van 20 jaar, zie figuur 3.1). Tevens is de gemiddelde tijd voor onderzoek, ontwikkeling en registratie in de periode 1965-1985 toegenomen van 4 jaar naar 12 jaar. De effectieve octrooiperiode is daardoor gedaald tot ongeveer 5 jaar. Met andere woorden, tegenover een meer dan 20-voudige stijging van de ontwikkelingskosten staat een 3-voudige reductie van de tijd waarin de kosten moeten worden terugverdiend. Dat dit tot problemen kan leiden, spreekt voor zich. Een internationaal geharmoniseerde verlenging van de effectieve octrooiduur lijkt in dit meer specifieke geval onder bepaalde voorwaarden een oplossing te kunnen bieden.

3.4 Internationalisering

In de chemische industrie en bij vele andere economische activiteiten bestaat reeds enige tijd een sterke tendens tot internationalisering. Centrale verschijnselen zijn grensoverschrijdende schaalvergroting, acquisities, fusies en diverse vormen van internationale samenwerking en alliantievorming (voor het openbreken van nieuwe markten en voor het verkrijgen van complementaire kennis). Onderzoekstromen, innovatiestromen, kapitaalstromen en handelstromen worden internationaler. Bij dit alles speelt de technische ontwikkeling een rol, zij het dat er ook enkele andere, soms minder structurele en meer modieuze, oorzaken zijn. Verbeterde (tele)communicatie- en transportsystemen, een toenemende transporteerbaarheid van producten (minder volume en massa per functionele eenheid, grotere informatie-inhoud en hogere toegevoegde waarde per eenheid massa of volume) en een mede met de technische ontwikkeling samenhangende convergentie in consumptiepatronen in verschillende landen maken een verdere geografische vergroting van de markt niet alleen mogelijk, maar

ook economisch voordelig en daarom in concurrerende omgeving noodzakelijk. De toenemende internationale concurrentie die dit tot gevolg heeft, dwingt chemische bedrijven in veel gevallen tot concentratie op kernactiviteiten. Activiteiten waarbij een substantieel deel van de wereldmarkt kan worden geclaimd. De geografisch verdeelde produktmarkt verschuift naar een produktverdeelde wereldmarkt.

Genoemde tendens tot internationalisering krijgt een extra accent door de komende 'voltooiing' van de Europese interne markt. Alhoewel '1992' voor de internationaal opererende chemische industrie in feite al lang is gepasseerd, laat de vermindering van fysieke, fiscale en technische belemmeringen haar toch niet ongemoeid. De marktdimensie van Europa is door de beoogde eenwording herontdekt. De Europese markt is voor de chemische industrie van Europese landen een onmisbare thuishaven voor het opbouwen van wereldwijde posities (in de VS, in Japan en in de Pacific). Echter ook voor de niet-Europese industrie is deze markt van betekenis. De concurrentiedruk zal daardoor verder toenemen. Het ziet er naar uit dat de mondiale concurrentie in een voltooide Europese markt een belangrijk en interessant slagveld zal vinden.

Een soortgelijke opmerking zou kunnen worden gemaakt over de ontwikkelingen in Oost-Europa. De veranderingen daar vormen nieuwe bedreigingen, maar geven tevens nieuwe kansen voor de Nederlandse chemische industrie.

3.5 Ontwikkelingen op milieugebied

Vrijwel elke omzetting en bewerking van materie gaat gepaard met materiële en energetische afvalstromen. Alhoewel de huidige economische productieprocessen per eenheid produkt in vele gevallen schoner zijn dan de vroegere processen, heeft de groei van de economie er voor gezorgd dat de totale milieubelasting in de afgelopen decennia toch vaak is toegenomen. De steeds zichtbaarder wordende lokale, regionale en wellicht nu ook mondiale gevolgen van een toenemende milieubelasting dwingt tot milieusparend handelen. De chemische industrie kan door verdere wijziging van haar productieprocessen en door schepping van nieuwe produkten een belangrijke bijdrage leveren aan de vermindering van de milieuaantasting.

3.5.1 Verinnerlijking van milieufactoren

Milieu-investeringen werden lange tijd, zeker door de degenen die de investeringen moesten opbrengen, gezien als een (soms noodzakelijk) kwaad: in directe zin improductief, kostenverhogend en rendementsverlagend en, voor zover er verschillen tussen bedrijven of tussen landen optreden, concurrentieverstorend. In deze zienswijze begint langzamerhand verandering te komen. Het milieu wordt in toenemende mate een marktkracht, zij het soms een zeer grillige. Schoon produceren wordt een direct en een indirect verkoopargument. Er is op een aantal gebieden als het ware sprake van een automatische verinnerlijking van milieufactoren. In een toenemend aantal gevallen daalt de strikt economische kostenineffectiviteit van milieumaatregelen. Er is soms zelfs sprake van kosteneffectiviteit. Tegenover extra kosten staan immers ook extra puur economische baten: in een aantal gevallen grotere verkoop van het 'groene' produkt, lagere

verzekeringspremies (calamiteit, aansprakelijkheid), lagere lozingsrechten, geringer ziekteverzuim, verhoogde motivatie van werknemer en werkgever (verhoogde arbeidsproductiviteit), hogere grondstof- en energieproductiviteit, soms betere produktkwaliteit en, wat vager maar niet minder belangrijk, een betere relatie met overheden, buurtbewoners en milieugroepen.

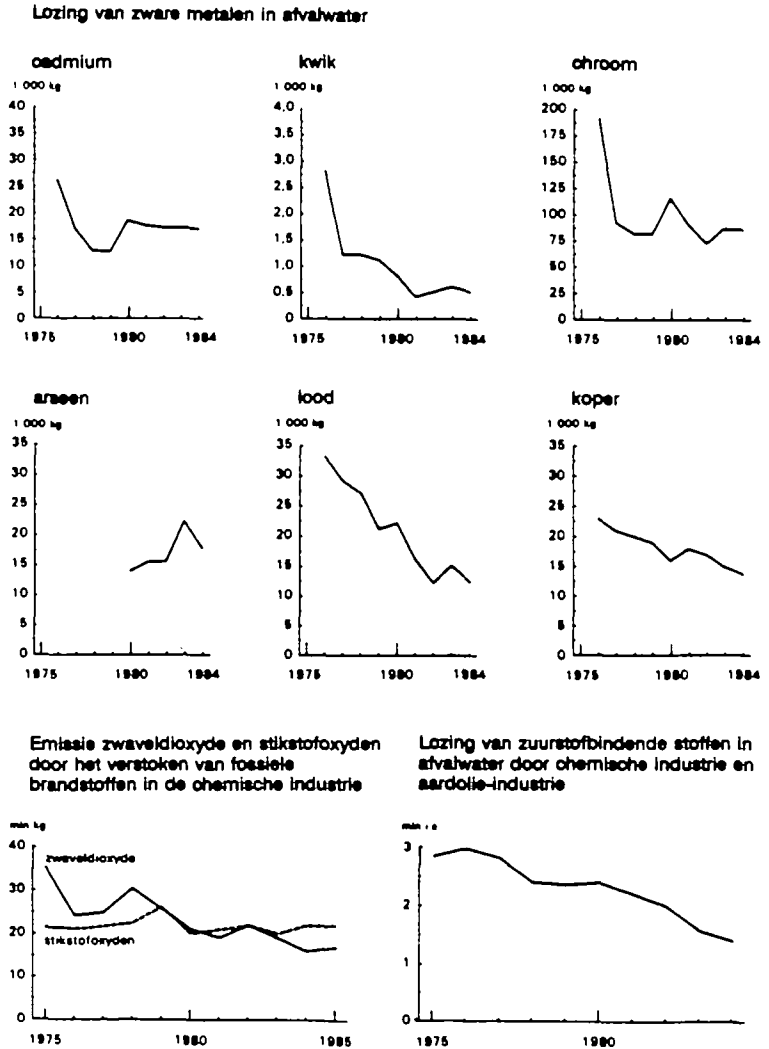
3.5.2 Verschuiving van beheersing naar preventie van afvalstromen

Het milieurendement per geïnvesteerde gulden is over het algemeen het grootst bij vervanging van produktie-installaties. Nu de 'end-of-pipe' technieken in de chemische industrie het gebied van de verminderde meerwaarde snel naderen (veel duurder, minder milieurendement), zal voor verdere vooruitgang het milieu meer en meer (moeten) worden geïntegreerd in het ontwerpproces van produktie-installaties en van produkten. Door vroegtijdig rekening te houden met milieufactoren kunnen afvalstromen voor een deel worden voorkomen en de grondstof- en energieproductiviteit soms zodanig worden verhoogd dat sprake is van directe kostenvoordelen voor de producent. In die gevallen is het vooroplopen bij milieumaatregelen ook in conventioneel economische termen voordelig.

De genoemde tendens tot automatische verinnerlijking van milieufactoren en tot verschuiving naar preventie moet niet worden overschat. Vele milieumaatregelen brengen in strikt economische zin nog steeds extra kosten met zich mee. Deze kosten kunnen onder de huidige omstandigheden niet altijd in de verkoopprijs tot uiting worden gebracht. Voor zover de milieumaatregelen eenzijdig worden genomen of worden opgelegd, bestaat het gevaar van verslechtering van de concurrentiepositie. Internationalisering van milieunormen en van milieumaatregelen zou dit kunnen ondervangen. Waar internationalisering op redelijke termijn niet mogelijk is of onvoldoende resultaten oplevert en waar de winstmarge van de desbetreffende bedrijven onvoldoende ruimte biedt, zou (in laatste instantie) kunnen worden gedacht aan subsidiëring van eenzijdig ingevoerde maatregelen.

In figuur 3.2 wordt het tijdsverloop van de emissie van enkele afvalstoffen van de Nederlandse chemische industrie weergegeven. In deze figuur is zichtbaar dat, althans voor de besproken stoffen in de aangegeven tijdsperiode, de totale fysieke uitstoot daalde. Dit is een beeld dat de laatste jaren ook voor vele andere afvalstoffen van de (Nederlandse) chemische industrie geldt. Aangezien de chemische industrie in de aangegeven periode gemiddeld met 5,1% reëel groeide, is dus de uitstoot per eenheid produkt van genoemde stoffen met meer dan 5% per jaar gedaald. Deze aanzienlijke daling betekent niet dat er op milieugebied weinig meer behoeft te worden gedaan. Ondanks de reeds behaalde verbetering is zowel in de chemische industrie als elders de mening wijd verspreid dat op een aantal gebieden nog een grote daling van de fysieke uitstoot noodzakelijk is om de milieuproblemen tot vanuit 'duurzaam' perspectief acceptabele grenzen terug te brengen.

Figuur 3.2 Emissie van enkele afvalstoffen door de Nederlandse chemische industrie (en aardolie-industrie)



Bron: Milieufacetten 1988, CBS, Staatsuitgeverij, s'-Gravenhage

Alhoewel verschillende opmerkingen die in het voorgaande zijn gemaakt, niet alleen gelden voor chemische procesvoering, maar ook voor chemische produkten, is het zinvol aan deze laatste nog wat aparte aandacht te geven. De milieuaspecten van chemische (eind)produkten zijn van groot belang. De chemische industrie kan eigenlijk geen produkt meer op de markt brengen zonder zich serieus af te vragen hoe dit produkt zich in de 'natuur' houdt, dat wil zeggen bij gebruik, hergebruik, deponie, verbranding of lozing. Er wordt in de chemie op vele plaatsen een integraal ketenbeheer nagestreefd waarbij alle belangrijke fasen van de levensloop van produkten

worden meegenomen ¹⁴. Een belangrijk doel is de ketens zoveel mogelijk te sluiten tot een kringloop, dit bij behoud van economische rentabiliteit. Dit sluiten van de kringloop is, zeker onder de conditie van voldoende economische rentabiliteit, niet eenvoudig. De problemen die zich voordoen zijn niet uitsluitend van technische aard. Bij hergebruik liggen in vele gevallen de grootste knelpunten op het logistieke vlak. Er moeten voldoende grote, voorspelbare en qua samenstelling vrij eenduidige toeleveringsstromen van afvalprodukten naar de verwerkingsindustrie tot stand worden gebracht. Dit stelt eisen aan regelgeving, milieugedrag en infrastructuur. Voor de produkten van de verwerkingsindustrie (recyclaten, regranulaten) dient een voldoende grote en betrouwbare markt aanwezig te zijn of te worden geschapen. In de praktijk blijken deze zaken meer dan eens niet eenvoudig te zijn. Het duurzaam sluiten van de produktieve kringloop in ruime zin zal van de gehele samenleving, en daarmee ook van de chemische industrie, gedurende lange tijd op vele gebieden een grote inspanning vragen.

Op het milieuvraagstuk zal later in deze studie worden teruggekomen. Met name zal het dan gaan om de rol die de overheid kan spelen ter verdere vermindering van de milieuproblemen.

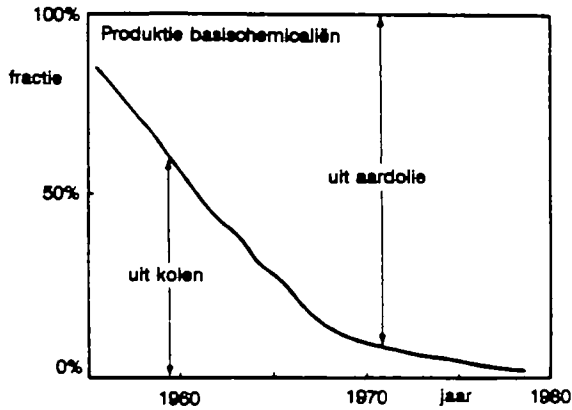
3.6 Grondstoffen en energie

De chemische industrie is in verhouding tot andere economische activiteiten grondstof- en energie-intensief. Dit uit zich in de opbouw van de produktiekosten. Een relatief groot deel daarvan hangt samen met het gebruik van grondstoffen en energie. Met name geldt dit voor de basischemie. Zo kwam in de Nederlandse chemie, waar een accent ligt op de basischemie, in 1986 56,5% van de totale produktiekosten voor hun rekening. Een zuinig gebruik van grondstoffen en energie is derhalve voor de chemische industrie niet alleen milieutechnisch, maar ook economisch van groot belang.

De huidige chemische industrie is voor een groot deel organisch, dat wil zeggen gebaseerd op koolstof. Voor de tweede wereldoorlog werd als koolstofbron vooral steenkool gebruikt met als belangrijk basisprodukt acetyleen, waaruit weer allerlei kunststoffen en chemische vezels werden geproduceerd. Nu is de organisch-chemische industrie vooral gebaseerd op *aardolie*, met als belangrijkste tussenprodukt nafta. De overgang van kolen op olie wordt zichtbaar gemaakt in figuur 3.3. In deze figuur is zichtbaar dat de overgang van kolen op aardolie zich redelijk snel heeft voltrokken, in de periode van 1955 tot 1965. De figuur geldt voor West-Duitsland waar een zeer lange, op steenkool gebaseerde, chemische traditie bestond. Ook andere landen zijn overgegaan op aardolie. De wereldproduktie van organisch-chemische chemicaliën is momenteel voor 96% gebaseerd op aardolie en (aard)gas. De overgang op aardolie is te verklaren uit enkele belangrijke voordelen: relatief gemakkelijk te winnen, goedkoop en eenvoudig in grote hoeveelheden te transporteren en verder zeer goed te verwerken (kraken, raffinage, polymerisatie).

¹⁴] Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI), Op weg naar Integraal kringloopbeheer, 1989.

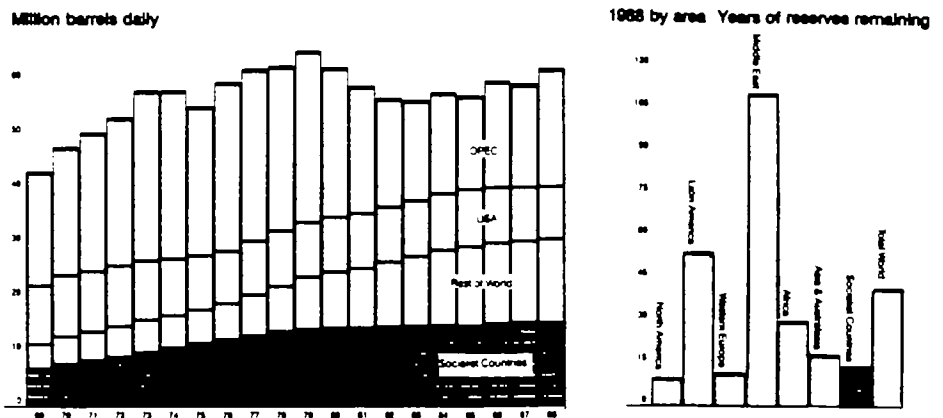
Figuur 3.3 De overgang van kolen op aardolie als grondstof voor de produktie van basischemicaliën (West-Duitsland)



Bron: VCI

De sterke regionale concentratie van de produktie van aardolie - nog steeds voor een aanzienlijk deel in het Midden-Oosten - plaatst Westerse economieën in een strategisch gevoelige en afhankelijke positie. De oliecrises van de jaren zeventig hebben dit schoksgewijs duidelijk gemaakt. De respons van de Westerse economieën op deze crises was drieledig: energiebesparing, differentiatie naar herkomst en, ten derde, onderzoek naar de mogelijkheden van overgang op andere koolstof- en energiebronnen, waaronder een terugkeer naar steenkool. Alvorens de mogelijkheden hiervoor nader te bespreken, wordt eerst in figuur 3.4 een overzicht gegeven van het tijdsverloop van de produktie van aardolie en van de (verschuiving in de) regionale verdeling van deze produktie. De figuur bevat tevens een overzicht van de grootte van de nog aanwezige winbare voorraden (50%- kans criterium).

Figuur 3.4 De regionale verdeling van de aardolieproduktie en van de aardolievoorraden



Bron: BP Statistical Review of World Energy, juni 1989

In figuur 3.4 is, in de linker grafiek, zichtbaar dat de afhankelijkheid van de OPEC-landen een maximum bereikte in 1973 (53,6%). In 1988 was het aandeel van deze landen in de wereldproductie van aardolie gedaald tot 34,5%, dit bij een vrijwel ongewijzigde totale wereldproductie. Deze verminderde afhankelijkheid van de OPEC-landen dient van enkele kanttekeningen te worden voorzien. Ten eerste is de kwetsbaarheid van de Westerse economieën door de daling van de OPEC-fractie niet naar evenredigheid afgenomen. Het plotseling wegvallen van de kleiner geworden fractie zou de Westerse economieën nog steeds voor vrijwel onoverkomelijke problemen stellen. De technische karakteristiek van de non-OPEC-bronnen is zodanig dat de productie aldaar gemiddeld genomen slechts traag kan worden uitgebreid. Vanwege de zeer goede technische winbaarheid van de voorraden aldaar, is capaciteitsvergroting in het Midden-Oosten sneller mogelijk dan in de andere regio. Een snelle toename van het verbruik van aardolie, bijvoorbeeld door een forse economische groei, kan daarom, ten tweede, op korte termijn de afhankelijkheid van OPEC-landen sterk doen toenemen. Realistische buffervoorraden kunnen dit slechts gedeeltelijk ondervangen. Ten derde is in de rechter grafiek van figuur 3.4 zichtbaar dat bij het huidige regionaal gedifferentieerde uitputtingstempo de bronnen in het Midden-Oosten het langst meegaan. Op langere termijn zou daardoor de afhankelijkheid van de OPEC-landen weer kunnen toenemen. Het voorgaande betekent dat het zowel voor de korte als voor de lange termijn zinvol blijft te zoeken naar mogelijkheden voor verdere besparing, voor ontwikkeling van nieuwe aardoliebronnen (inclusief secundaire en tertiaire winning) en voor overgang op andere grondstoffen c.q. energiedragers.

Ook organische gassen (aardgas, derivaten, LPG) kunnen uiteraard worden gebruikt als grondstof voor de organisch-chemische industrie. Momenteel beperkt het gebruik van *aardgas* als grondstof (C_1 -chemie) zich tot de methanol- en de ammoniakroute (kunstmest). Er zijn echter ook andere wegen. Bij de huidige prijsverhoudingen en de stand van de (katalyse)techniek zijn deze economisch gezien nog minder rendabel.

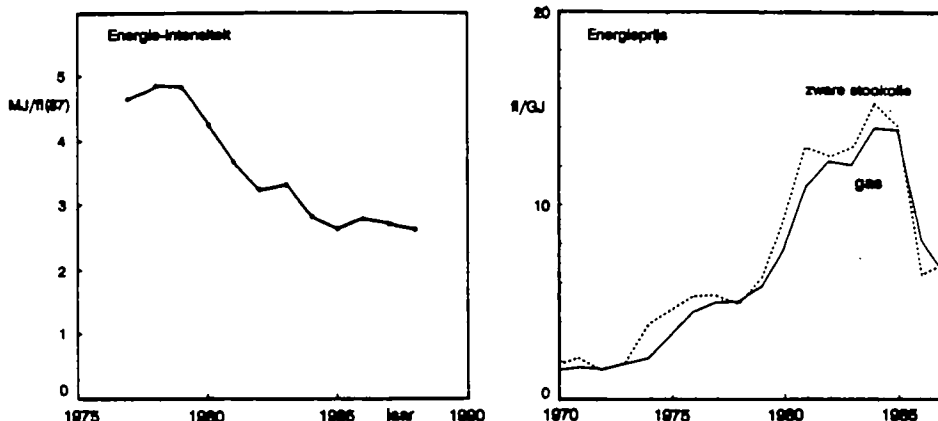
Voor wat betreft de overgang op *kolen* kan het volgende worden opgemerkt. Er zijn vele processen om kolen als grondstof en als energiedrager te benutten. Op kortere termijn wordt, aannemende dat geen echte fysieke schaarste van aardolie ontstaat, de inzet van kolen sterk bepaald door de relatieve prijsontwikkeling. Een probleem bij de inzet van kolen is de ontwikkeling van economisch rendabele en voldoende schone processen voor conversie: vergassing (CO/H_2) of liquefactie. Welke techniek er echter ook wordt gebruikt, infrastructurele begin-investeringen in de carbochemie zijn momenteel veel hoger dan uitbreidingsinvesteringen in de petrochemie. Dit is een van de belangrijkste redenen dat bij de huidige prijsverhouding tussen aardolie en kolen op korte termijn nauwelijks een overgang is te verwachten op kolen. De zware organisch-chemische basischemie zal, naar het zich laat aanzien, nog lange tijd gebaseerd blijven op aardolie.

Een mogelijkheid die hier ook moet worden genoemd, is het gebruik van 'groene' grondstoffen: de *agrificatie van de chemie*. Deze grondstoffen hebben enkele belangrijke eigenschappen: zij zijn in principe kringloopsluitend, zij bieden mogelijkheden voor een aanmerkelijke synergie tussen chemie en nieuwe biotechnologie en zij kunnen worden ingezet voor zeer specifieke produkteigenschappen (waaronder bijvoorbeeld de voor farma-

ceutische toepassingen zo belangrijke stereo-specificiteit). In lijn met het eerder gestelde, ziet het er echter naar uit dat het gebruik van 'groene' grondstoffen zich vooralsnog vooral zal beperken tot enkele, veelal hoogwaardige, deelmarkten van de chemie ¹⁵. Voor vele andere toepassingen is landbouwproductie nog steeds te duur en logistiek te omslachtig. Het is niet te verwachten dat op korte termijn de huidige overschotten in de landbouw door agrificatie van de chemie op economisch rendabele wijze volledig kunnen worden weggewerkt.

De chemische industrie is, zoals gesteld, als geheel energie-intensief. Het laatste decennium is de energie-intensiteit echter fors gedaald, per eenheid produkt werd in 1988 45% minder energie verbruikt dan in 1978. Deze daling staat in contrast met de ontwikkeling in de zestiger jaren, waarin de energie-intensiteit van de totale chemische industrie toenam, vooral door een verschuiving naar energie-intensievere activiteiten. Het gebruik van energie en de drang tot besparing worden sterk bepaald door de prijs ervan. Zo is de gemelde daling van de energie-intensiteit in het laatste decennium ongetwijfeld voor een deel een reactie op de snel stijgende energieprijzen (voor de industrie). Het tijdsverloop van de energie-intensiteit - in Megajoules per gedefleerde gulden produktiewaarde - en van de industriële energieprijzen wordt zichtbaar gemaakt in figuur 3.5.

Figuur 3.5 **Energie-intensiteit en industriële energieprijzen in de Nederlandse chemische industrie**



Bron: CBS en Energiespectrum, oktober 1988, 228

¹⁵] De snelheid van introductie van 'groene' grondstoffen hangt af van vele marktfactoren. Bij wasmiddelen kunnen bijvoorbeeld als de eis van milieuvriendelijkheid van de componenten voor de consument zwaar weegt, 'groene' grondstoffen op niet te lange termijn een grotere rol spelen (nieuwe non-ionics staart uit oliën en vetten, koolhydraatfragment uit zetmeel of suiker).

De daling van de energie-intensiteit is de laatste jaren afgevlakt. Zij is sinds 1985 vrijwel constant. Dit heeft verschillende oorzaken. Ten eerste is de energieprijs voor de industrie sinds 1985 weer gedaald, hetgeen de urgentie en de economische rentabiliteit van verdere besparing heeft verminderd. Ten tweede raken langzamerhand de mogelijkheden voor energiebesparing door middel van marginale procesverbeteringen ('de-bottlenecking') uitgeput. Een verdere besparing is in veel gevallen slechts te bereiken door meer drastische proceswijzigingen.

Knelpunten worden gegenereerd door verschillen tussen een gegeven en een gewenste toestand of ontwikkeling. Het is derhalve zinvol dit hoofdstuk te beginnen met een beschrijving van de wenselijk geachte toestand of, beter gezegd, van de toestand die in de gegeven context optimaal realiseerbaar wordt geacht. Globaal uitgangspunt van de studie is dat chemische productie een onmisbaar onderdeel is van een moderne economie en dat lokalisatie in Nederland binnen zekere grenzen gewenst is, onder voorwaarde dat op maatschappelijk acceptabele wijze wordt geproduceerd. Dit algemene uitgangspunt gegeven zijnde, komt de vraag op wat meer specifiek het wenselijke of het optimale realiseerbare strategische profiel van de chemische industrie *als geheel* in Nederland wel zou kunnen zijn.

4.1 Strategisch profiel van de Nederlandse chemische industrie

De chemische industrie produceert een zeer breed spectrum van produkten, variërende van elementaire commodities tot hoogwaardige taylor-made specialities. Bovenstaande vraag naar het strategische profiel van de chemische industrie kan nu langs deze dimensie als volgt worden vertaald: waar dient een chemische onderneming zich, in het licht van de ontwikkelingen zoals eerder geschetst en gelet op eigen traditie en kracht, in het produktenpectrum te positioneren opdat een optimale rentabiliteit en continuïteit wordt behaald? Zijn er verschuivingen nodig, bijvoorbeeld in de richting van de specialities? Deze vraag heeft een pendant op macro-niveau: heeft de basischemie nog wel toekomst in Nederland? In deze paragraaf gaat het vooral om de laatste vraag.

In veel rapporten is er op gewezen dat de toekomst van de Nederlandse chemische industrie vooral ligt aan de kennisintensieve kant van het produktenpectrum, dat wil zeggen in de fijnchemische specialities. Als zeer algemene conclusie is hier weinig tegen in te brengen. Toch kan deze uitspraak leiden tot belangrijke misverstanden.

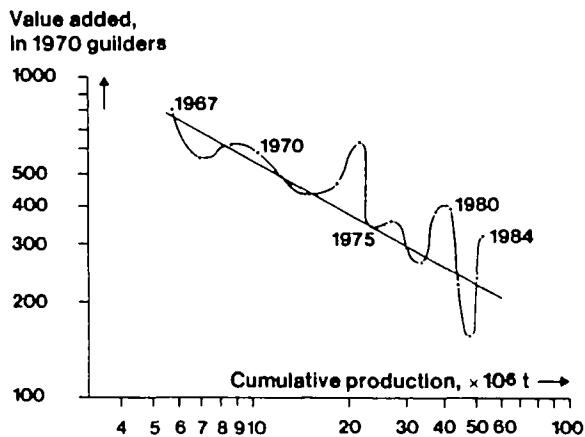
In Nederland neemt de basischemie een belangrijke plaats in. In 1986 had 74,3% van de totale produktiewaarde van de Nederlandse chemische industrie betrekking op basis- of bulkgoederen. Dit percentage is het laatste decennium nauwelijks gewijzigd. De vaak noodzakelijk geachte verschuiving naar de fijnchemie is (nog) niet noemenswaardig opgetreden. Dit kan op verschillende manieren worden geïnterpreteerd. Zo zou het mogelijk kunnen zijn dat de Nederlandse chemische industrie als geheel onvoldoende dynamiek aan de dag legt en te weinig opschuift naar veelbelovende (fijn)chemische activiteiten. Het kan echter ook worden gezien als een teken uit de markt dat de opschuiving naar de fijnchemie genuanceerder ligt dan wellicht in eerste instantie werd gedacht en dat zij, voor zover zij gaat optreden, traag zal zijn.

Vele technisch-economische beschouwingen over industriële structuur hanteren het concept van de levenscyclus. De basischemie wordt in deze

beschouwingen vaak gezien als een 'mature industry', gekenmerkt door structureel dalende groeicijfers, een lager wordende produktiviteitsgroei, intensieve concurrentie, weinig innovatie en afnemende marges. Overgang op nieuwe, vooral fijnchemische, activiteiten is zinvol omdat deze nog aan het zeer rendabele begin van hun levenscyclus staan. De vraag is in hoeverre dit beeld, gelet op recente ontwikkelingen in de basischemie en in de fijnchemie, nog volledig juist is. Vanuit de theorie en de praktijk van de levenscyclus is bekend dat het zeer moeilijk is van te voren te bepalen of het einde van een levenscyclus is genaderd. Een conjuncturele terugval kan gemakkelijk worden aangezien voor een structurele afvlakking, terwijl een structurele afvlakking weer kan worden doorbroken door een nieuwe impuls vanuit de techniek of vanuit de markt.

Natuurlijk is het zo dat de toegevoegde waarde per volume- of gewichtseenheid van vele basisproducten sterk is gedaald. Een voorbeeld hiervan is ldPE (low density polyethyleen), zie figuur 4.1. Het betreft hier een normale ontwikkeling: als immers de produktiviteit stijgt en deze stijging voor een deel wordt doorgegeven aan de prijs, hetgeen in een concurrerende omgeving waarschijnlijk is, dan daalt de toegevoegde waarde per volume- of gewichtseenheid. Een daling van de toegevoegde waarde per gewichtseenheid wil echter nog niet zeggen dat ook de opbrengst per ingezette gulden daalt. Het is juist deze laatste daling die dwingt tot een verschuiving naar meer rendabele activiteiten.

Figuur 4.1 De toegevoegde waarde per ton low density polyethyleen (ldPE, in de EG)



Bron: P.M.E.M. van der Grinten, 'Maturity and rejuvenation in the chemical industry', address Tokyo, DSM, 1985

In het licht van voorgaande constatering is het zinvol het bedrijfsmatige rendement van de basischemie te vergelijken met dat van de fijnchemie. Het Centraal Bureau voor de Statistiek geeft cijfers voor, wat genoemd wordt, de chemicaliënindustrie en voor de chemische produktenindustrie. Deze CBS-onderverdeling komt redelijk overeen met de verdeling in basischemie en fijnchemie: de chemicaliënindustrie omvat veel basischemie en de chemische produktenindustrie veel fijnchemie.

Tabel 4.1 De verhouding bruto bedrijfsresultaat/productiewaarde in de Nederlandse chemische industrie

	chemicaliën- industrie	chemische produkten- industrie
1980	7,6%	9,0%
1981	6,8	11,0
1982	2,8	11,5
1983	9,0	13,0
1984	12,9	14,7
1985	11,4	13,2
1986	14,9	14,9

Bron: CBS

De basischemie bevond zich rond 1982 in een diep dal. Nadien is het rendement echter weer sterk toegenomen. De laatste jaren is het rendement van de basischemie als geheel vergelijkbaar met dat van de totale fijnchemie. Deze constatering, gevoegd bij het feit dat de basischemie de afgelopen jaren weer fors is gegroeid, doet de vraag opkomen of de Nederlandse basischemie als geheel wel zo dicht aanzit tegen het einde van haar levenscyclus. Genoemd herstel van het rendement en de groei suggereren dat de eerder opgetreden stagnatie van de basischemie, ongeacht het feit of zij nu conjunctureel of structureel was, niet kan worden geïnterpreteerd als een naderend einde van deze belangrijke chemische activiteit in Nederland.

Een belangrijk nadeel van de basischemie ten opzichte van de fijnchemie is haar grotere conjunctuurgevoeligheid en neiging tot cyclisch gedrag. Dit heeft verschillende oorzaken. Gewezen kan worden op traagheidseffecten en op het feit dat de minimumschaal waarop rendabel kan worden geproduceerd in de kapitaalintensieve basischemie in verhouding zeer groot is. Indien meerdere producenten, onder invloed van gelijke marktpulsen, besluiten tot uitbreiding dan ontstaat al gauw overcapaciteit. Tijdens de daarop volgende terugval zal de roep om verschuiving naar de in dat opzicht veel stabielere fijnchemie weer sterk toenemen. Echter ook de fijnchemie is niet zonder problemen. In grote delen van de fijnchemie tekent zich langzamerhand overconcurrentie en zelfs overcapaciteit af, niet alleen door toedoen van bedrijven, maar ook door overheden die met diverse stimuleringsmaatregelen het bedrijfsleven trachten te steunen in de overgang naar de zo rendabel geachte fijnchemie.

Speciale producten hebben vaak speciale problemen. In de fijnchemie is mede daarom intensief onderzoek en intensief contact met de markt een vereiste om zich als producent voor langere tijd staande te houden. Dit is, gegeven het feit dat voor een zelfde totale opbrengst als in de basischemie meestal vele fijnchemische producten nodig zijn, niet altijd een eenvoudige zaak. De rendementen in de fijnchemie worden onder druk gezet door sterk toenemende ontwikkel- en innovatiekosten (waaronder die voor het openbreken van de markt), relatief groot technisch risico, toenemende concurrentie, toenemende verkorting van de levenscycli, toenemende moeilijkhe-

den bij patentering en snellere weglek naar de concurrentie. Door deze ontwikkelingen is het niet meer zo dat het te verwachten bedrijfsresultaat - gelijk aan het potentiële resultaat vermenigvuldigd met de kans op dit resultaat - in de fijnchemie altijd hoger zal zijn dan in de basischemie. Een grootscheepse overgang van de sector als geheel op fijnchemie lijkt derhalve onverstandig.

Een ander belangrijk nadeel van de basischemie lijkt te liggen in de grote en lokaal geconcentreerde belasting van het milieu. Alhoewel er in de basischemie reeds vele milieu-sparende maatregelen zijn genomen, is er op dit gebied nog veel te verbeteren. Dat de basischemie over het gehele front slechter scoort of in de nabije toekomst slechter zal scoren dan de fijnchemie is echter een te bewijzen zaak. Grote produktie-installaties, zoals die in de basischemie gebruikelijk zijn, vallen het meeste op, maar het ziet er naar uit dat de grootste milieuproblemen per eenheid produkt zullen komen te liggen bij de kleinere produktie-installaties. Het milieurendement per geïnvesteerde gulden is daar, vanwege positieve schaaffecten, vaak minder groot dan bij grote produktie-installaties. Kleinere, meer gespreide produktie-eenheden zijn bovendien minder goed te controleren. Nu is het natuurlijk wel zo dat in de fijnchemie de kosten voor milieumaatregelen meer in de prijs van het produkt kunnen worden doorberekend. In de fijnchemie wordt immers, gemiddeld genomen, minder op prijs geconcurrerd dan in de basischemie. Toenemende internationale concurrentie in de fijnchemie, toenemende kwaliteit van de basischemie en internationalisering van milieunormen en -regels waardoor doorberekening in de prijs voor de basischemie minder concurrentieverstorend wordt, zullen dit verschil echter reduceren. Een zorgvuldig milieubeheer dwingt voor de Nederlandse chemie als geheel niet meer automatisch tot een significante verschuiving richting fijnchemie.

Op grond van voorgaande overwegingen trekken wij de volgende samenvattende conclusie. De gang naar hogere kennisintensiteit zal optreden, maar kan niet worden uitgelegd als een simpele afstoot en beëindiging van basischemische activiteiten. De basischemie blijft ook voor de meeste moderne economieën, waaronder Nederland, van belang. Nieuwe en schonere technologieën, nieuwe produkten en nieuwe markten zorgen ervoor dat de basischemie als geheel nog niet tegen het einde van haar levenscyclus loopt. De verschuiving naar meer fijnchemie zal een sluipend karakter krijgen. De basischemie zal in haar procesvoering en in haar produkten kennisintensiever worden. Het gebruikelijke onderscheid tussen commodities, intermediates en specialties vervaagt enigszins, zij het dat er natuurlijk altijd massaprodukten zullen blijven bestaan waarbij scherp op prijs wordt geconcurrerd en taylor-made produkten waarbij vooral op kwaliteit wordt geconcurrerd. De gang naar meer kennisintensiteit heeft twee componenten: een interne transformatie van de basischemie en een externe verschuiving naar nieuwere activiteiten. De marktpotentie van het eerste dient niet te worden verwaarloosd.

De basischemie is vooral op haar plaats in logistieke knooppunten, dat wil zeggen daar waar toch al veel logistieke handelingen (laden/lossen) worden verricht. Bij de fijnchemie is dit minder van belang. De toename van de

kennisintensiteit van de Nederlandse basischemie zal zich niet beperken tot de chemische omzetting zelf, maar ligt ook in de ontwikkeling van kennis voor chemische distributiecentra dicht bij of op overbrugbare afstand van zogenaamde 'main ports'.

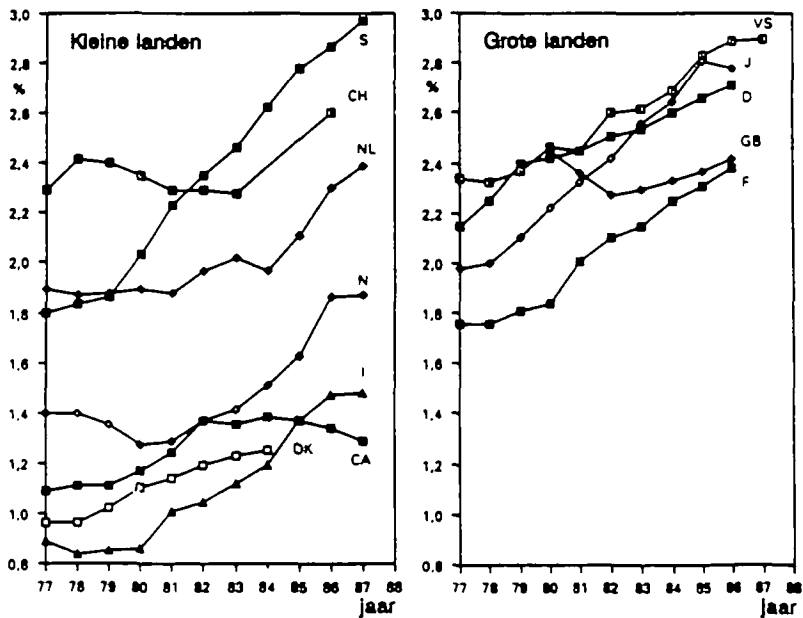
4.2 De R&D-factor

De innovatieve kracht van een bedrijf, een sector of een land wordt door vele factoren bepaald. Een daarvan is onderzoek en ontwikkeling (R&D). Deze factor zal hieronder nader worden besproken.

4.2.1 R&D-inspanning en resultaat

Tussen inspanning en resultaat op R&D-gebied zal een zekere relatie bestaan, zij het dat dit over het algemeen geen eenvoudige en eenduidige zal zijn. Aangezien de chemische industrie niet alleen profiteert van R&D dat specifiek op de chemie is gericht, zal eerst een indruk worden gegeven van de totale nationale R&D-inspanning - overheid en bedrijfsleven - in een aantal landen. In figuur 4.2 volgen enkele gegevens.

Figuur 4.2 R&D-bestedingen in een aantal landen als fractie van het Bruto Binnenlands Produkt



Bron: OESO

Sinds het begin van de jaren tachtig heeft zich in de meeste landen een forse groei van de R&D-intensiteit, in termen van R&D-uitgaven als percentage van het Bruto Binnenlands Produkt, voorgedaan. In Nederland heeft deze toename zich slechts vanaf 1984 gemanifesteerd. Vooral de private R&D-bestedingen bleven achter bij het buitenland. Hierin is

verbetering gekomen, zij het dat ongeveer 1/3 van de toename van de totale R&D-bestedingen in de private sector in feite door de overheid middels diverse steunmaatregelen werd betaald ¹⁶.

Rond 60% van de totale binnenlandse R&D-inspanning komt momenteel voor rekening van de industrie. Ongeveer 75% hiervan, dus 45% procent van de totale nationale R&D-bestedingen, is geconcentreerd in 5 multinationals: AKZO, DSM, Philips, Shell en Unilever. Het is niet geheel duidelijk of deze sterke concentratie in multinationale ondernemingen een voordeel of een nadeel is. Aan de negatieve kant kan worden genoemd dat een enkel besluit tot grensoverschrijdende verplaatsing van R&D-activiteiten grote gevolgen kan hebben voor de totale hoeveelheid R&D die in Nederland wordt uitgevoerd. Aan de andere kant kan worden gewezen op het feit dat de noodzakelijke onderzoeks- en ontwikkelingskosten zo sterk toenemen dat zij in veel gebieden te hoog worden voor de meeste bedrijven. Zeer grote bedrijven of grote allianties zijn in dat geval nodig om de kosten nog te kunnen dragen. Aanwezigheid van grote multinationals kan, mits de vestigingsvoorwaarden goed zijn en blijven, betekenen dat een substantieel deel van de mondiale R&D-inspanning voor Nederland behouden blijft.

De *chemische industrie* neemt in de totale industriële R&D-bestedingen een belangrijke plaats in. Zo kwam in 1987 bijna 30% van dit totaal voor rekening van de chemische industrie, tegen een aandeel van ongeveer 15% in de totale industriële productie. Chemische activiteiten zijn R&D-intensief. In Nederland komt de chemische industrie, in termen van R&D-bestedingen/productiewaarde, op de tweede plaats, na de metaalindustrie (in 1987: 4,3% in de chemie versus 7,8% in de metaalindustrie). Om misverstanden te voorkomen: in de metaalindustrie zijn volgens CBS-gebruik de elektrotechnische en de elektronische industrie opgenomen. Indien niet de productiewaarde maar de toegevoegde waarde als noemer wordt genomen, dan komt de chemie in Nederland op de eerste plaats (13,7% in de chemie versus 13,5% in de metaal, 1987). Een nader overzicht van de sectorale R&D-bestedingen volgt hieronder:

Tabel 4.2 **Industriële R&D-bestedingen in Nederland, per bedrijfstak, in 1987**

. Metaalindustrie (waaronder elektro)	3350	mln gld
. Chemische industrie	1750	
. Voedings- en genot- middelenindustrie	250	
. Leer-, rubber- en kunst- stofverwerkende industrie	30	
. Hout-, papier- en grafische industrie	15	
. Textiel- en kleding-		

¹⁶] Dit geldt voor de totale industrie. De geldelijke bijdrage van de overheid aan de groei van de R&D-bestedingen van de chemische sector is veel kleiner.

industrie	20	
. Bouwmaterialen-, aarde- werk- en glasindustrie	15	
. Transport, opslag en commu- nicatie, zakelijke dienst- verlening	215	
. Landbouw en visserij	95	
. Bouwnijverheid en installa- tiebedrijven	30	
. Openbare nutsbedrijven	15	
. Overig	75	
. <i>Totaal</i>	5512	mln gld

Bron: CBS

De R&D-inspanning van de chemische industrie in Nederland is niet alleen ten opzichte van andere sectoren van de Nederlandse economie hoog, maar ook internationaal gezien. In Nederland bevindt zich een grote chemische industrie, maar naar verhouding een nog grotere chemische R&D en chemische engineering sector. Heel globaal geschat, werken er in Nederland 15.000 mensen direct aan innovatie in en voor de chemische industrie. Het toepassingsgebied van hun werk is veel groter dan Nederland. Op sommige gebieden van de chemie en de chemische technologie is Nederland een belangrijke kennis-exporteur.

De relatie tussen input en output op R&D-gebied is, zoals gesteld, geen eenvoudige. De hoogte van de R&D-bestedingen zegt nog weinig over het rendement en dus over het effect van deze bestedingen. Om meer zicht te krijgen op het rendement, zijn, naast de hoeveelheid R&D als fractie van het totale inkomen of van de totale omzet, ook andere technologie-indicatoren in gebruik. Van Heeringen en Langendorff noemen in een publikatie van de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid (RAWB) uit 1988 onder meer de volgende ¹⁷:

Tabel 4.3 Verschillende soorten technologie-indicatoren

<i>input</i>	<i>intermediair</i>	<i>economische output</i>
.R&D-intensitei- ten (relatieve bestedingen in geld en mankracht)	.citatie-indices .octrooigegevens	.technologische beta- lingsbalans .handel in high-tech goederen .arbeidsproductiviteit

¹⁷] A. van Heeringen en A.N.M. Langendorff, Wetenschaps- en technologie-indicatoren 1988, Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, 1988.

Bovenstaande indicatoren zijn door de RAWB voor verschillende bedrijfstakken onderzocht, waaronder de chemie. De resultaten van dit onderzoek bevestigen dat, alhoewel de gehele Nederlandse industrie qua R&D-bestedingen achterblijft bij het buitenland, de chemische industrie relatief een hoge R&D-intensiteit heeft (in feite een van de hoogste ter wereld). Verder blijkt de chemische industrie in Nederland gekenmerkt te worden door een relatief hoge produktiviteitsgroei (in de periode 1980-1987 5,7% per jaar, tegenover 2,6% in de EG-chemie en 2,1% in de OESO-chemie) en een goede high-tech balans. Op het gebied van octrooien en technologische betalingsbalans scoort, volgens genoemd onderzoek, de Nederlandse chemie wat slechter.

Tabel 4.4 Technologie-indicatoren voor Nederland per bedrijfstak

	R&D-inspanning		Aantal octrooien		High-tech balans		Arbeidsproductiviteit	Technologische betalingsbalans	
	niveau	niveau	trend	niveau	trend	trend 80-87	saldo	trend	
Totaal	-	0/-	↓	+	↓	+	-	↓	
Elektrotechniek	+	+	0	+	↓	-	0	0	
Chemie	+	0/-	0	+	↓	+	-	↓	
Basismetalen	0/-	0	↓	•	•	-	-	↑	
Voedings- en genotmiddelen	0	+	↑	•	•	+	-	↑	
Machinebouw	-	-	0	-	0	0	•	•	
Transportmiddelen	-	-	0	-	↓	0	-	↓	
Landbouw	0	+	↑	•	•	+	-*	↓	

0 = gemiddeld in vergelijking met andere landen

+ = hoog in vergelijking met andere landen

- = laag in vergelijking met andere landen

↑ = stijgend in vergelijking met andere landen

↓ = dalend in vergelijking met andere landen

• = niet van toepassing of niet beschikbaar

* = inclusief handel en diensten

Bron: A. van Heeringen en A.N.M. Langendorff, Wetenschappen en technologie-indicatoren 1988, RAWB, december 1988

Aangezien er een zekere tendens bestaat technologie-indicatoren een toenemende rol te laten spelen in de motivering, de vormgeving en de praktische invulling van het overheidstechnologiebeleid, is het zinvol de waarde van de gebruikelijke indicatoren in die zin eens nader te bekijken.

Eerder in deze studie werd aangegeven dat om technologisch bij te blijven op vele gebieden een steeds grotere en bredere inspanning nodig is. Een inspanning die zich uitstrekt tot vrijwel alle onderdelen van het bedrijf en die veelal tot in een gerichte beïnvloeding van de omgeving doorloopt. Er is meer en meer sprake van een gelijktijdige parallele inzet van vele onderdelen van een bedrijf en van de samenleving. Evenals er in bepaalde opzichten (weer) steeds meer buiten de school wordt geleerd, wordt er in feite ook steeds meer buiten de reguliere R&D-sector aan R&D gedaan. Dit betekent dat de gebruikelijke R&D-indicatoren slechts een deel van de relevante innovatie-inspanning laten zien. Zij geven in toenemende mate een onvolledig beeld.

Naast dat de R&D-indicatoren slechts een onvolledig beeld geven, zijn ze ook zeer moeilijk te interpreteren. Veronderstel bijvoorbeeld dat een bedrijf of een land relatief goed met R&D-bestedingen omgaan. Dit impliceert dat voor een gelijke opbrengst minder R&D-bestedingen nodig zijn. Dit uit zich in een relatief lage R&D-intensiteit (R&D-besteding/opbrengst). Een lage R&D-intensiteit wordt veelal gezien als een negatief teken, een teken dat het desbetreffende bedrijf of land technologisch achterblijft. Het zal duidelijk zijn dat, in dit geval, een lage intensiteit eerder positief moet worden geduid.

Gelet op het voorgaande is het zinvol te kijken naar indicatoren die zich meer richten op de opbrengst van het R&D-proces. Ook de interpretatie van deze technologie-indicatoren is echter problematisch. Zo is bijvoorbeeld het ene octrooi het andere niet. De wijze waarop zij economisch worden gewogen is zeer arbitrair. Hetzelfde geldt voor citaties van wetenschappelijke en technologische publikaties. De economische produktiviteitsontwikkeling - een zaak waar het, naast de ontwikkeling van rendabele nieuwe produkten, uiteindelijk in de economie vooral om gaat - is een resultante van vele invloeden. Een algemeen geaccepteerd resultaat van zogenaamd 'growth accounting' onderzoek, waarbij getracht wordt de produktiviteitsgroei toe te delen aan verschillende inputs, is dat het niet goed mogelijk is de technologische component daarin te isoleren¹⁸. Met andere woorden, over de relatie tussen produktiviteitsgroei en de (hoogte van de) R&D-bestedingen is weinig te zeggen. Teveel factoren spelen een rol en grijpen te complex op elkaar in. Coïncidentie, correlatie en causaliteit zijn niet of nauwelijks van elkaar te onderscheiden.

Problemen met betrekking tot definieerbaarheid, statistische betrouwbaarheid, volledigheid en interpreteerbaarheid komen steeds weer terug. Zo heeft het specialisatiegedrag van een nationale economie of van een industrietak met betrekking tot 'high-tech' goederen het nadeel dat de uitkomst zeer afhankelijk is van de definitie van 'high-tech'. De eerdere beschrijving van de basischemie geeft aan dat met dit begrip zeer zorgvuldig moet worden omgegaan. De technologiegevoeligheid - de mate waarin produkt en produktiviteit op rendabele wijze kunnen worden verbeterd door gebruik te maken van nieuwe en bestaande technologieën - is in traditioneel ogende sectoren soms verrassend hoog. Internationale vergelijkingen zijn vaak gebaseerd op omschrijvingen die, ongewild, bepaalde landen of bepaalde sectoren ten opzichte van andere bevoordelen. Vele produkten die van groot belang zijn voor sommige landen en die zonder enig bezwaar ook high-tech zouden kunnen worden genoemd, staan niet op de lijst. Een relatief achterblijven in specialisatie in high-tech goederen wordt veelal als een negatief teken gezien. Gegeven het voorgaande, is het niet uit te sluiten dat het desbetreffende land zich slechts *anders* specialiseert. Men richt zich op gebieden die anderen laten liggen. Een zaak die, zo leren de meeste innovatietheorieën, in een aantal gevallen eerder positief dan negatief moet worden beoordeeld. Zeker kleinere landen zouden zich, ter behoud van welvaart, immers meer dan eens moeten richten op vrij unieke marktniches.

¹⁸] R.R. Nelson, 'Research on Productivity Growth and Productivity Differences: Dead Ends and New Departures', *Journal of Economic Literature*, vol. XIX, september 1981, 1029-1064.

Het geheel overziende, kan worden gesteld dat (de nu in gebruik zijnde) technologie-indicatoren voor het overheidstechnologiebeleid slechts zeer terughoudend moeten worden ingezet. Als zeer globale plaatsbepaling kunnen zij voldoen. Maar om de indicatoren te gebruiken voor de vormgeving, invulling en vooral toetsing en sturing van het overheidsbeleid dienen eerst enkele belangrijke vragen te worden beantwoord. Vooralsnog lijken de indicatoren te onbetrouwbaar, te moeilijk te interpreteren en te manipuleerbaar.

Een element in het overheidsbeleid ter ondersteuning van innovatieve activiteiten in het bedrijfsleven, is het 'matchen' van de ondersteuning door andere overheden (van hun eigen industrie). Uit het voorgaande volgt dat het hierbij niet uitsluitend moet gaan om het naast elkaar zetten en het numeriek vergelijken van enkele technologie-indicatoren. Bij een zinvolle 'matching' gaat het veel meer om het vergelijken van gehele systemen van innovatie en innovatie-ondersteuning. Alle relevante factoren dienen te worden meegenomen. Gelijktrekking van relatieve R&D-bestedingen heeft nauwelijks zin als de gunstige effecten daarvan gesmoord worden in een gebrek aan coherentie en consistentie tussen verschillende beleidsmaatregelen op uiteenlopende terreinen. De Nederlandse overheid heeft met haar technologiebeleid in het verleden een redelijke inventiviteit aan de dag gelegd. De indruk bestaat dat vele directe maatregelen waar in de huidige context aan kan worden gedacht, reeds zijn bedacht. Nu lijkt een periode aangebroken van stroomlijning en aanpassing aan de veranderende economische en technologische omstandigheden. Het gaat minder om het bedenken van nog weer nieuwe maatregelen, maar veel meer om het op effectieve, coherente en motiverende wijze inzetten van het bestaande instrumentarium. Een goed technologiebeleid is steeds minder los te zien van andere beleidsvelden. Het gaat meer en meer om de dwarsverbanden. Overheden die zich in hun beleid en hun departementale werkwijze rekenschap weten te geven van deze verbanden, zullen een sterke uitgangspositie hebben bij het ondersteunen van innovatie.

Het bevorderen van innovatie is, zoals gesteld, veel meer dan het opvoeren van de R&D-bestedingen. Dit wil uiteraard niet zeggen dat R&D-activiteiten onbelangrijk zijn. Zij zijn geen voldoende voorwaarde, maar tot op zekere hoogte wel een noodzakelijke voorwaarde. Een essentieel onderdeel van overheidsbeleid zal blijven het creëren van gunstige vestigingscondities voor researchactiviteiten (de R van R&D), voor ontwikkelingswerk (de D van R&D) en voor andere activiteiten verderop in de innovatieketen.

Bij vestiging of uitbouw van R&D-faciliteiten spelen vele factoren een rol, zoals duidelijkheid, consistentie en voorspelbaarheid van overheidsop treden, gunstige fiscale en investeringsregelingen, goede regelingen van eigendomsrechten bij innovatie, nabijheid van hoofdkantoor en produktieafdelingen, gunstige marktcondities (kwaliteit, beschikbaarheid en prijs van arbeid en kapitaal), goed onderwijs, goede onderzoeksinfrastructuur en, meer in het algemeen, een goed klimaat voor chemische innovatie en produktie. Daarnaast zijn ook continuïteits- en schaaloverwegingen van belang. Het is vaak duurder en trager elders helemaal opnieuw onderzoeksfaciliteiten op te bouwen, dan om de bestaande vestigingen uit te breiden. Dit geldt overigens niet tot elke schaal. Bij R&D ligt de maximum schaal voor de activitei-

ten die gewoonlijk door grote bedrijven worden gedaan zo rond de 1500 à 2000 man. Daarboven is het zinvol, mede om redenen van spreiding van risico, de R&D-vestiging op te splitsen. In die gevallen zal, tenzij de vestigingsvoorwaarden gunstig zijn, de keuze van vestiging niet altijd op Nederland vallen.

4.2.2 Technologisch veelbelovende onderzoeksgebieden

Het spreekt voor zich dat geen enkel bedrijf of land het vermogen heeft actief mee te doen aan alle belangrijke ontwikkelingen op technologisch gebied. Dit is eigenlijk altijd al zo geweest, maar het wordt de laatste jaren geaccentueerd door de sterk toenemende inspanning die op vele gebieden nodig is voor innovatie. Er zullen derhalve keuzes moeten worden gemaakt. Het rendement van de R&D-inspanning zal mede worden bepaald door deze keuzes.

Een aspect van het overheidsbeleid ter stimulering van gewenste technologische ontwikkelingen is het leggen van een accent op *veelbelovende strategische onderzoeksgebieden*. Vanuit de chemische industrie en daaraan gelieerde instanties (VNCI, KNCV) en vanuit het chemische onderzoeksveld zijn te dien aanzien vele voorstellen gedaan. De chemische sector in ruime zin is hier zeer actief geweest. Gewezen kan onder meer worden op de volgende rapporten:

- . *Chemie, nu en straks* (VCO, 1979)
- . *Tien researchdoelen* (KNCV, 1980)
- . *Toekomstig chemisch onderzoek* (KNCV/VNCI, 1984)
- . *Eindrapport van de nationale commissie voor oppervlakte-onderzoek* (NCO, 1984)
- . *Toekomstig onderzoek Farmacochemie* (KNCV/Nefarma, 1986)
- . *Uitdagingen en knelpunten* (DIALOOCH/KNAW, 1986)
- . *Keuzen en kansen in de chemie* (KNCV/VNCI, 1987)
- . *Scheikundig onderzoek, een hoeksteen van onze samenleving* (ACCENT, 1988)

Alhoewel de rapporten verschillend van opdracht, opzet en uitwerking zijn, bestaan er geen fundamentele verschillen tussen de gebieden die zowel wetenschappelijk als technologisch van belang worden geacht. De volgende accentgebieden worden genoemd:

- . materialen: metalen, polymeren, halfgeleiders en keramiek
- . grensvlakken en dunne lagen
- . vormingsprocessen en reologie (stromingsleer)
- . molecuul-design, relatie tussen moleculaire structuur en eigenschappen
- . specifieke katalyse
- . specifieke scheidingsmethoden
- . farmacochemie

Deze algemene accentgebieden zijn, op de farmacochemie na, in het rapport '*Keuzen en kansen in de chemie*' in technisch-wetenschappelijk opzicht nader uitgewerkt. Het gebied van de farmacochemie is nader uitgewerkt in het rapport '*Toekomstig onderzoek farmacochemie*'. De biotechnologie wordt hier niet genoemd, omdat een onderzoek daarnaar buiten de opdracht van de desbetreffende commissies lag. Het spreekt voor zich dat dit ook als een belangrijk, deels chemisch, accentgebied moet worden gezien ¹⁹.

In het rapport '*Chemical Science and Technology, European Needs for the 1990s*' van de European Communities Chemistry Committee worden ter stimulering door de Europese Gemeenschap de volgende prioriteitsgebieden aanbevolen ²⁰.

- . *advanced materials, renewables and environmentally friendly substances*
 - polymers, fibres and composites
 - ceramics, glasses, metals and metal powders
 - adhesives and coatings
 - materials for optics and electronics

- . *a better environment: safety, hygiene and pollution control*
 - accurate analytical monitoring methods
 - treatment of effluents leading to recyclable materials
 - alternative energy sources
 - energy conservation e.g. by using selective catalytic processes
 - integrated industrial processes
 - advanced separation techniques
 - use of biocompatible and biodegradable materials
 - prevention techniques for further decay of historical buildings

- . *efficient communication and transport*
 - new light materials
 - anti-pollution devices
 - cheap and clean fuels, also use of non-conventional resources
 - efficient energy conversion

- . *food and health*
 - isolation and synthesis of biologically active molecules
 - molecular design
 - stereoselective synthesis
 - regulation of biological functions

- . *strategic background research with broad applications*
 - chemical physics of complex systems

¹⁹] Voor informatie over accenten in de biotechnologie kan worden verwezen naar Werkgroep Strategie Biotechnologie, Advies inzake Biotechnologisch Onderzoek in Nederland na 1990, februari 1990.

²⁰] European Communities Chemistry Committee, Chemical science and technology: European Needs for the 1990s, 1990.

- analytical methods
- homogeneous and heterogeneous catalysis
- applied colloid chemistry
- solid state reactions
- separation techniques
- rheological behaviour of materials

Ook deze, op het niveau van de Europese Gemeenschap geformuleerde prioritaire onderzoeksgebieden wijken niet noemenswaardig af van de gebieden die in de Nederlandse rapporten worden genoemd.

Geconstateerd kan worden dat bovenstaande accentgebieden vrij breed zijn. De nadere uitwerking in de diverse rapporten geeft enige inperking, maar toch kan er nog veel chemisch onderzoek in worden ondergebracht. Dit is waarschijnlijk terecht. Een scherpe keuze van accentgebieden lijkt wel blijk te geven van een duidelijke visie, maar gaat ten koste van aanpassingsvermogen. De toekomst is nog open, hetgeen betekent dat, zeker als het gaat om meer fundamenteel onderzoek, met onvoorziene ontwikkelingen rekening moet worden gehouden. Een strategische lijst die frequent moet worden bijgesteld, heeft voor lange-termijn beleid weinig waarde.

De genoemde gebieden zijn voor Nederland van belang, maar dit zegt niet onmiddellijk dat alle niet genoemde gebieden van chemisch onderzoek *niet* van belang zijn. Mede door de toenemende vervaechting en analogieën tussen verschillende disciplines en subdisciplines is het bijzonder moeilijk aan te geven wat zeker niet moet worden gedaan. In feite gaat het steeds minder om een keuze van enkele disciplines of accentgebieden. Het gaat veel meer om een coherent en synergetisch systeem van onderzoeksgebieden dat binnen een ruime marge verwachte en onverwachte toekomstige ontwikkelingen het hoofd kan bieden.

Tussen wat verschillende landen met een belangrijke chemische industrie van belang achten, bestaat een aanzienlijke mate van overeenkomst. Er wordt globaal voor dezelfde technologische onderzoeksgebieden gekozen. Door sommige auteurs is gewezen op het gevaar van kapitaalvernietiging als vele overheden en bedrijven zich op dezelfde frontgebieden willen profileren, zie bijvoorbeeld Roobeek ²¹. Dit gevaar is zeker reëel als binnen de genoemde gebieden wordt gekozen voor dezelfde produkten en diensten. Bij meer fundamenteel voorbereidend onderzoek ligt dat echter minder duidelijk. Overlapping en doublures zijn daar nauwelijks te vermijden, en soms zelfs essentieel voor snelle vooruitgang. Meer en meer geldt dat het onderzoek en het ontwikkelingswerk voor een behoorlijk deel zelf moet worden gedaan om goed te kunnen oordelen, om de juiste kennis te kunnen ruilen of te kopen en om kennis te kunnen toepassen. Niemand kan, op basis van de kennis die nu beschikbaar is, beweren dat in bovenstaande lijst veel onderwerpen te vinden zijn die in Nederland volledig kunnen worden gemist. Het zijn accentgebieden die voor vrijwel elke moderne chemische industrie betekenis hebben. Dit betekent dat de lijst hoogstwaarschijnlijk in aanzienlijke mate 'toekomst-proof' is.

²¹] A.J.M. Roobeek, Een race zonder finish, VU Uitgeverij, Amsterdam 1988.

Gelet op de sterk toenemende onderzoekskosten en de grote mate van internationale overeenkomst in onderzoeksprogramma's, ligt het voor de hand te zoeken naar *internationale samenwerking*. In dit kader is het van belang te constateren dat in de programma's van de Europese Commissie momenteel relatief weinig plaats is ingeruimd voor strategisch chemisch onderzoek. Hierin zou verbetering kunnen worden gebracht.

Voor zover de Nederlandse chemische industrie deelneemt aan de bestaande programma's, wordt de bemiddelende rol van de overheid over het algemeen als constructief ervaren. Wel lijkt het nodig te dien aanzien meer afstemming te brengen in het internationale optreden van verschillende ministeries.

Internationale samenwerking zal alleen een hoog rendement hebben als vanuit een krachtige positie wordt samengewerkt. Vanuit een klein land als Nederland, waar de kracht van het volume veelal afwezig is, zal deze positie vooral moeten worden gevonden in de kwaliteit van het eigen onderzoek. Internationale samenwerking zal weinig opleveren als zij dient als dekmantel voor een gebrek aan kwaliteit van het eigen werk.

Bij de verdere invulling van technologisch veelbelovende onderzoeksgebieden bestaat, voor zover het om ondersteuning van de overheid gaat, een zekere neiging onderwerpen te kiezen die aan het begin van de innovatieketen liggen. Juist aan de pre-competitieve beginzijde lijkt immers een taak te liggen voor de overheid. Echter ook verderop in de innovatieketen doen zich fundamentele problemen voor die veel onderzoek vragen. Van groot belang is het volgende verschijnsel. Mede door de hoge ontwikkel- en introductiekosten zijn nieuwe produkten in de beginfase in steeds meer gevallen zo duur dat er onvoldoende markt voor bestaat. Snelle produktiviteitsverhoging, te verkrijgen door procesverbetering en incrementele produktinnovatie, is veelal een absolute noodzaak om de markt tijdig open te breken. Bij de keuze en de verdere invulling van onderzoeksgebieden zou met het belang van procesinnovatie en met de toenemende koppeling tussen proces- en produktinnovatie meer rekening moeten worden gehouden. Dit is zeker geen eenvoudige zaak: des te verder in de keten, met des te meer aspecten rekening moet worden gehouden. Multidisciplinariteit is derhalve geboden. Indien een bedrijf of een overheid in haar ondersteuning van innovatie te weinig oog hebben voor de proceskant van produktinnovatie en omgekeerd, dan zal in steeds meer gevallen weinig rendement worden gezien in termen van *economisch rendabele* nieuwe produkten en processen. De kans is dan groot dat de vruchten van de desbetreffende innovatie door anderen zullen worden geplukt.

4.2.3 Het universitaire onderzoek

Voor de chemische industrie is van het onderzoek dat door de overheid wordt gefinancierd vooral het universitaire onderzoek van belang. De universiteit is voor de chemische industrie, en dan met name voor de grotere bedrijven, een bron van kennis en een 'sparring-partner' op wetenschappelijk gebied. Het omgekeerde is overigens, gegeven het feit dat in de chemische industrie veel fundamenteel geöriënteerd onderzoek wordt gedaan, ook het geval.

Bevordering van *kwaliteit en rendement van het universitaire onderzoek* wordt gezien als een belangrijke taak van de overheid. De centrale vraag is hoe het overheidsoptreden hiervoor, gelet op ontwikkelingen binnen en buiten de wetenschap, vorm moet worden gegeven. Kwaliteit laat zich immers niet door een centrale overheid verordeneren, zij blijft in hoge mate het werk van de wetenschappers en van de instellingen zelf. De overheid zal zich hier bewust moeten zijn van haar beleidsmarges en het onstuurbare niet willen sturen en het onplanbare niet willen plannen. In haar wetenschapsbeleid zal zij zich vooral moeten richten op het scheppen van kwaliteits- en rendementsbevorderende randvoorwaarden. Juist op dit vlak heeft zich nu, naar de mening van velen in de chemische industrie, de laatste decennia een sterke erosie voorgedaan. De voorwaarden om te komen tot kwaliteit en rendement zijn ernstig aangetast. De kwaliteit van het Nederlandse wetenschappelijke onderzoek is, voor zover dat kan worden beoordeeld, meestal nog redelijk tot goed en in een enkele richting zelfs uitstekend, maar zij staat sterk onder druk.

Tijdens de discussies die door de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid (RAWB) rond de O&W-discussienota *'Naar een wetenschapsbeleid voor de jaren negentig'* enige tijd geleden (in 1989) werden georganiseerd, konden enkele interessante constatering worden gedaan²². Constateringen die ongetwijfeld een geldigheid hebben tot buiten het wetenschapsbeleid. De discussienota bevat, zij het op hoog abstractieniveau, een indringende en interessante beschrijving van de toekomst van het wetenschappelijke onderzoek. Aan vele ontwikkelingen in de wetenschap, de economie en de samenleving wordt aandacht gegeven. Het frappante tijdens de discussies was echter dat degenen die het eigenlijk werk zullen moeten doen - de onderzoekers en de belanghebbenden/afnemers van het onderzoek - de toekomst veelal de toekomst lieten en vooral wezen op misstanden van dit moment. Laat een legitieme zorg van de overheid, zo was een belangrijke teneur, niet ontaarden in een vlucht naar de toekomst. Laat de overheid eerst eens zorgen dat zij de zaken van nu verbetert. Het probleem van de toekomst ligt niet alleen in de toekomst, maar begint bij het heden. De competentie en de geloofwaardigheid van de overheid zijn in het geding. Deze zullen mede worden beoordeeld aan de hand van de oplossing die zij weet te bieden voor de huidige problemen. Dit impliceert dat handhaving en vergroting van kwaliteit en rendement van het wetenschappelijke onderzoek niet los staat van een kwaliteitsverhoging van het huidige overheidsoptreden te dien aanzien.

Vanuit de *chemische industrie* gezien, zijn, gelet op het bovenstaande, de volgende punten van belang:

- Een *belangrijke taak* van de Nederlandse universiteiten is het verrichten van kwalitatief hoogstaand fundamenteel wetenschappelijk onderzoek, dit ter ondersteuning van de opleiding tot wetenschappelijk onderzoeker. Afstem-

²²] Naar een wetenschapsbeleid voor de jaren negentig, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, 1988. De discussie heeft geleid tot de Beleidsnota Zicht op een nieuw onderzoeklandschap: Wetenschapsbeleid voor de jaren negentig, Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21319, nr. 2.

ming met het onderzoek in het chemische bedrijfsleven is, binnen zekere grenzen, zinvol. Diverse commissies hebben hiervoor reeds suggesties gedaan, zie de rapporten genoemd in 4.2.2. Voorkomen moet echter worden dat door toepassingsgericht onderzoek of door een sterke oriëntatie op de momentane behoeften van het chemische bedrijfsleven, het meer ongebonden fundamentele chemische onderzoek in gedrang komt. Een dergelijke sterke oriëntatie zou op langere termijn ook de chemische industrie schaden.

De *materiële omstandigheden* in het universitaire chemische onderzoek zijn zodanig dat de kwaliteit en het rendement onder druk worden gezet. Door onder meer grote verschillen in salaris (oplopend tot een factor 1,5 à 2) en in apparatuurvoorziening (factor 6, budget plus ondersteunend personeel) kiezen vele goede chemici voor een loopbaan in de industrie. Op korte termijn kan dit voor de chemische industrie gunstig zijn; voor de langere termijn bergt het grote gevaren in zich. Het lijkt van groot belang de onderzoeksomstandigheden aan de universiteit op te waarderen. Hierbij is het nodig langs twee sporen te werken. Waar vele goede wetenschappers vooral door worden gefrustreerd is de onderzoeksonvriendelijke omgeving: te weinig goede apparatuur, teveel organisatorische en bestuurlijke besloomingen, teveel verlies van tijd voor het aanspreken van de diverse geldstromen, een sfeer van 'publish or perish' met alle verwording van het publikatiegedrag van dien en een omgeving waarin in feite een premie wordt gelegd op het doen van risicoloos en soms zelfs modieus onderzoek. De overheid zou hier, gegeven het feit dat zij vaak ongewild medeveroorzaker is van de ontstane problemen, een grote bijdrage ter verbetering kunnen leveren.

De verschillen in salariëring zijn inmiddels zo toegenomen dat in chemische en aanverwante disciplines een onderzoeksvriendelijker omgeving in vele gevallen onvoldoende zal zijn om een voldoende groot aantal goede onderzoekers en docenten met industriële ervaring full-time terug te halen naar de universiteit. Een zaak die voor een 'industriële wetenschap' als de chemie van groot belang is. Op creatieve wijze zal, daar waar nodig, moeten worden gezocht naar vermindering van genoemde verschillen.

In het voorgaande werd gewezen op het belang van ongebonden fundamenteel onderzoek. Een sterke gerichtheid van de universiteit op dit soort onderzoek sluit *samenwerking met de industrie* niet uit. Ook binnen de industrie wordt veel, en op sommige gebieden steeds meer, fundamenteel onderzoek gedaan, zij het dat dit over het algemeen meer gebonden is aan economische doelstellingen. Samenwerking tussen universiteit en industrie kan leiden tot vorming van voldoende massa (de kritische massa van veel fundamenteel onderzoek neemt sterk toe), tot toevoeging van benodigde complementaire kennis (het onderzoek wordt meer multidisciplinair) en tot 'sharing' van apparatuur (de benodigde apparatuur wordt duurder). Bij een dergelijke samenwerking liggen problemen ten aanzien van de openheid van de onderzoeksresultaten, maar deze lijken voor het meer fundamentele traject van de kennisontwikkeling oplosbaar.

Genoemde samenwerking kan op verschillende wijzen tot stand worden gebracht of, juister gezegd, verder worden uitgebouwd. Een eerste vereiste

is voldoende wederzijds begrip en vertrouwen. Zonder deze krijgt samenwerking een geforceerd karakter. Om begrip en vertrouwen te bevorderen zijn er diverse wegen. Zo zouden academische wetenschappers meer de mogelijkheid moeten hebben een 'sabbatical' periode in de industrie door te brengen. De kontakten zouden verder kunnen worden bevorderd door het geven van gastcolleges in elkaars organisatie en door het onderling organiseren van wetenschappelijke 'excursies'. Industriële wetenschapsmensen zouden intensiever kunnen worden betrokken bij het bespreken van universitaire onderzoeksresultaten²³. Het is zeer belangrijk hierbij de vrijheid van keuze en inrichting van het onderzoek grotendeels te laten aan degenen die het onderzoek uiteindelijk zullen moeten doen. Een inhoudelijke bijstelling dient te gebeuren op basis van wetenschappelijke overtuiging en niet op basis van dwang.

Het is zinvol er op te wijzen dat samenwerking met de industrie alleen zin heeft als eerst aan de universiteit in materieel opzicht orde op zaken wordt gesteld. Meer samenwerking met de industrie is hiervoor nauwelijks een vervanging. De universiteit zal vanuit een positie van wetenschappelijke kracht moeten samenwerken. Dit kan niet als de daarvoor geldende basiscondities niet zijn vervuld.

Kleine bedrijven zullen over het algemeen meer moeite hebben dan grote bedrijven om te komen tot een zinvolle samenwerking met universiteiten. In dat geval kan TNO een belangrijkere rol spelen, als leverancier van kennis en ervaring en als schakel tussen universiteit en bedrijf.

Er wordt wel eens beweerd dat een goed wetenschaps- en onderzoeksbeleid in feite een goed *personeelsbeleid* is. Dit is ongetwijfeld in grote lijnen juist: een goede wetenschapper op de juiste plaats in een stimulerende omgeving is de beste garantie voor hoogstaand wetenschappelijk onderzoek. Twee onderwerpen zullen in dit kader nader worden besproken: 'vergrijzing' van het docentencorps en mobiliteit van onderzoekers.

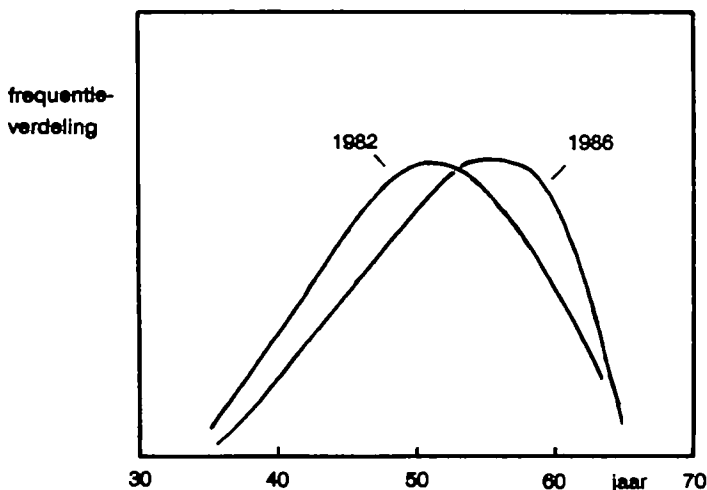
De 'vergrijzing' van het universitaire onderzoekers/docentencorps is een vaakbesproken verschijnsel. In figuur 4.3 volgt een globaal beeld van de verdeling van (kroon)docenten over de diverse leeftijdscohorten.

'Vergrijzing' kan uiteraard een probleem zijn. Alhoewel een onontkoombaar negatief causaal verband tussen (directe en indirecte) wetenschappelijke produktie en leeftijd nooit echt goed is aangetoond, bestaat in een daartoe geëigende omgeving bij toenemende leeftijd het gevaar van vastgroeien in eigen werk, van lagere produktiviteit en van starheid bij nieuwe multidisciplinaire activiteiten. Om de negatieve gevolgen van vergrijzing tegen te

²³] Bedoeld wordt een uitbouw van de informele kontakten tussen wetenschappers vanuit de universiteit en het bedrijfsleven. In de meer formele sfeer zijn de banden tussen industrie en universiteit vrij nauw. Zo wordt door de stichting Scheikundig Onderzoek in Nederland (SON) zeer vaak aan industriële referenten gevraagd om onderzoeksvoorstellen te beoordelen. De SON-werkgemeenschappen kennen ongeveer 75 industriële leden en gastleden. Bij de helft van de werkgemeenschappen zit een onafhankelijke industriële onderzoeker in de prioriteeringscommissie. In de 35 SON/STW-gebruiksovereenkomsten bespreken universitaire onderzoekers hun werk en programma's met industriële experts. Twintig procent van de promovendi wordt uit IOP's en industriële middelen betaald en in de IOP-programmaovereenkomsten heeft de industrie een zware, zo niet overheersende stem (pr. comm. K. Vriese, UA'dam).

gaan, dient niet alleen te worden gedacht aan maatregelen als (vervroegde) uittreding, maar zeker ook aan het veranderen van de onderzoeksomgeving. Er is aan de universiteiten op sommige gebieden een werkomgeving ontstaan die de wetenschappelijke produktiviteit van oudere hoogleraren onnodig heeft omlaag gehaald. Voorkomen moet worden dat onder druk van organisatorische, bestuurlijke en administratieve beslommeringen, van te geringe onderzoeksvoorzieningen en, meer in het algemeen, van een sfeer van 'betutteling' teveel goede oudere hoogleraren in hun bijdrage vastlopen of uittreden. Deze hoogleraren hebben een belangrijke functie. Gewezen kan worden op de grote motivering die er voor jongere onderzoekers uitgaat van het werken met hoogleraren die de 'groten van de wetenschap of techniek' nog hebben meegemaakt. Wetenschap is een combinatie van vernieuwing en van (wetenschappelijke) traditie. Het belang van deze traditie wordt soms onvoldoende onderkend.

Figuur 4.3 Globale leeftijdsopbouw van het universitaire (kroon)docentencorps (chemische disciplines)



Bron: Ontleend aan K. Vrieze, DIALOOCH, tekstvoordracht Jaarvergadering Akademie Commissie voor de Chemie, 27 januari 1987

Uit figuur 4.3 blijkt dat de vergrijzing van de docentenpopulatie als vrijwel onafwendbaar verschijnsel langzamerhand voorbijgaat. Het is niet onwaarschijnlijk dat, gelet op de eerder genoemde negatieve aspecten van de onderzoeksomgeving aan de universiteit, er binnenkort op sommige gebieden een gebrek aan goede jongere en oudere docenten gaat ontstaan. In dat geval wordt de kwaliteit en het rendement van het universitaire onderzoek van twee kanten onder druk gezet.

Het tweede onderwerp is *mobilititeit* van wetenschappelijke onderzoekers. Een erkend goed wetenschappelijk onderzoeker zal, tenzij dit wordt tegengewerkt door beperkende maatregelen, over het algemeen een aanzienlijke

mobilititeit vertonen. Hij of zij heeft wat te bieden en zal daarom bijvoorbeeld vaker worden gevraagd een bijdrage te leveren aan congressen en gastcolleges te geven aan andere instituten. Tevens zullen de kansen op de 'wetenschappelijke' arbeidsmarkt gunstig liggen. Deze zaak moet echter niet worden omgekeerd. Een slecht chemicus wordt door mobiel gedrag gemiddeld genomen nog geen goed chemicus. Wetenschappelijke kwaliteit kan nauwelijks aan mobiliteit worden afgemeten; een hoge mobiliteit kan zelfs een dekmantel zijn voor gebrek aan kwaliteit. Dit betekent dat een beleid dat, in het kader van kwaliteits- en rendementsverhoging van het wetenschappelijke onderzoek, vooral gericht is op het bevorderen of het zelfs vereisen van mobiliteit, bij het verkeerde eind begint. Eerst dienen de algemene voorwaarden voor kwaliteit te worden gegarandeerd. Mobiliteit komt dan vaak vanzelf en het rendement van mobiliteitsbevordering zal dan hoger zijn.

In een poging te komen tot meer kwaliteit zou kunnen worden gekozen voor de oprichting van '*centers of excellence*'. Over deze mogelijkheid is veel gesproken, meer recentelijk ook in de vorm van onderzoeksscholen. Het lijkt zinvol er op te wijzen dat in wezen de universiteiten altijd bedoeld zijn als nationale en internationale '*centers of excellence*'. Er zijn geen principiële redenen waarom zij dat niet zouden kunnen blijven of niet weer zouden kunnen worden. Het ligt daarom voor de hand bij het streven naar meer kwaliteit eerst te trachten de kwaliteits- en rendementsverlagende factoren aan de reguliere universiteiten weg te nemen. Zoals eerder gesteld, heeft de overheid hiervoor mogelijkheden, niet in de laatste plaats door de instellingen en de wetenschappers te bevrijden van een goed gemeente maar op sommige gebieden te ver doorgeschoten wil tot beïnvloeding en sturing. Een dergelijke beleidsverandering heeft het voordeel dat de reguliere universiteit niet bij voorbaat wordt verwezen tot de tweede rang en dat, als toch moet worden gekomen tot '*centers of excellence*', deze centra zich op meer natuurlijke wijze kunnen profileren en minder gevaar lopen na enige tijd weer verzeild te raken in het oude stuurregime, met alle gevolgen van dien.

Het streven naar topkwaliteit is legitiem en lijkt, gelet op de komende ontwikkelingen op technologisch gebied, ook geboden. Bij dit streven moet wel worden aangetekend dat de grootste kwaliteitsproblemen zich momenteel niet zozeer bij de (kleine) top, maar vooral bij de (grote) subtop lijken voor te doen. Een sterke bevoordeling van de top zou, bij gelijkblijvende middelen, de kwaliteit van de subtop nog sterker kunnen doen dalen. Ook dit is een reden om '*centers of excellence*' voor een groot deel de natuurlijke uitkomst te laten zijn van kwaliteitsbevorderende stappen over de hele linie.

Het is de vraag of bij bovengenoemde kwaliteitsbevordering zal kunnen worden ontkomen aan een significante verandering van de *universitaire bestuursstructuur*. Het betreft hier een problematiek waar reeds veel over is gesproken en geschreven, hetgeen niet betekent dat zij in de discussie over kwaliteitsverbetering moet worden vermeden. Een probleem is dat, ontmoedigd door ervaringen met het overheidsoptreden in het verleden, vele betrokkenen de neiging hebben te kiezen voor het voortduren van de bestaande structuur, ook al zijn zij er van overtuigd dat deze eigenlijk zou moeten worden veranderd.

Een belangrijke vraag is of de technologische ontwikkelingen en de veranderingen binnen de wetenschap, die op een aantal gebieden toch aanzienlijk zijn, noodzakelijk tot een *andere indeling in disciplines of vakgebieden* en tot *vorming van nieuwe of andere instituten*. Op welke wijze kan bijvoorbeeld het beste recht worden gedaan aan de toenemende noodzaak voor multidisciplinariteit?

Het onderzoek dat aan dit rapport ten grondslag ligt, suggereert dat de huidige indeling in basisdisciplines geen belangrijke inhoudelijke belemmeringen oproept voor *multidisciplinaire samenwerking*. Er bestaat over het geheel genomen geen absolute noodzaak om te komen tot een drastische herindeling van onderzoeksdisciplines. Specialisaties op overlappende randgebieden tussen basisdisciplines nemen toe, maar blijken over het algemeen nog goed bediend te kunnen worden vanuit de bestaande disciplines, zij het dat de inhoud daarvan wel langzaam verschuift. Juist bij multidisciplinaire samenwerking blijkt steeds meer hoe belangrijk het is een traditionele basisdiscipline goed te beheersen. Het verrassende verschijnsel doet zich voor dat de noodzaak van meer multidisciplinariteit in feite ook een sterke stimulans betekent voor basisdisciplinair onderzoek. Kwaliteit en diepgang in een basisdiscipline zijn belangrijke voorwaarden voor een zinvolle multidisciplinaire samenwerking. De taak van de universiteit ligt vooral in het aanbrengen van deze kwaliteit en diepgang.

In het algemeen doen verschuivingen binnen en tussen basisdisciplines zich geleidelijk en sluipend voor en hebben een sterk 'bottom-up' karakter. Beïnvloeding van deze verschuivingen en stimulering van multidisciplinair onderzoek van boven af dienen, voor zover het de universiteit betreft, terughoudend te zijn en zich in eerste instantie te beperken tot het afwenden van het gevaar dat multidisciplinaire onderzoeksactiviteiten teveel het slachtoffer worden van monodisciplinaire geldstromen. Het lijkt zinvol bij multidisciplinair onderzoek een soort 'condensatiekernenbeleid' te voeren. Dit behelst in eerste instantie het bevorderen van multidisciplinair onderzoek gericht op enkele zeer concrete deelonderwerpen op randgebieden tussen basisdisciplines. Daar waar deze samenwerking vruchtbaar blijkt te zijn, kan worden overwogen gaandeweg op deze en aanverwante onderwerpen meer mensen en middelen te doen 'condenseren'. Een 'top-down' benadering waarbij op basis van wetenschappelijke of technologische a priori noties drastische wijzigingen in disciplinevorming worden voorgesteld, moet niet altijd worden uitgesloten maar heeft nadelen. Zoals gesteld, lijkt terughoudendheid hier geboden. Dit kan in de praktijk traagheid betekenen. Maar in een wereld die langzamerhand overbevolkt raakt met 'dramatische' ontwikkelingen zoals koude kernfusie en hoge- T_c supergeleiding kan enige traagheid geen kwaad ²⁴.

24] Het betreft hier natuurlijk twee onvergelojkbare voorbeelden. Koude kernfusie is, naar het zich laat aanzien, een niet-bestaand verschijnsel. Bij hoge- T_c supergeleiding gaat het om reële effecten, maar de fysische en technische problemen zijn nog zo groot dat al gauw sprake is van overdreven verwachtingen voor wat de economisch rendabele toepassingen betreft. Gewezen kan worden op het probleem van de onvoldoende flux-pinning in type-II supergeleiders bij hoge temperaturen, de geringe maximale stroomdichtheid, de moeilijke technische bewerking en de kosten.

Het toenemende belang van multidisciplinariteit en van kwalitatief hoogstaand strategisch-wetenschappelijk onderzoek, gevoegd bij het feit dat het aan de universiteit onder de huidige omstandigheden in bepaalde opzichten moeilijker is geworden deze kwaliteit te leveren, doet stemmen opkomen die pleiten voor de oprichting van *buiten-universitaire instituten voor fundamenteel multidisciplinair onderzoek*, bijvoorbeeld op het wetenschappelijk en strategisch zo belangrijke gebied van katalyse. Het betreft hier een controversiële zaak waarover zowel in de industrie als aan de universiteit de meningen uiteenlopen. Alhoewel het belang van de doelstelling van dergelijke instituten - het verrichten van kwalitatief hoogstaand multidisciplinair onderzoek op terreinen die zowel wetenschappelijk als economisch van groot belang zijn - door menigeen wordt onderschreven, bestaat bij velen angst dat door oprichting van deze instituten waardevolle initiatieven en samenwerkingsverbanden aan de universiteit worden gefrustreerd en het universitaire onderzoek en onderwijs (in sommige gevallen nog verder) worden aangetast, hetgeen op termijn ook voor de industrie negatieve gevolgen kan hebben²⁵. Tevens wordt getwijfeld aan de uiteindelijke levensvatbaarheid van gelokaliseerde buiten-universitaire instituten voor fundamenteel multidisciplinair onderzoek.

Conform de voorgaande tekst, wordt in deze studie een standpunt van terughoudendheid ingenomen. Nieuwe onderzoeksinstituten moeten slechts van overheidswege worden opgericht als de noodzakelijkheid daarvan duidelijk is aangetoond, de oprichting door velen in het onderzoeksveld wordt gedragen, de voordelen niet langdurig worden overtroffen door negatieve effecten elders en geen private financieringsmogelijkheden aanwezig zijn. De universiteit wordt, ondanks eerder geschetste problemen, nog steeds geacht bij uitstek de plaats en uitvalsbasis te (moeten) zijn voor fundamenteel onderzoek - dit onder meer ter ondersteuning van een gedegen opleiding in een basisdiscipline - en voor multidisciplinaire samenwerking tussen basisdisciplines. Zoals gesteld, kan een kwalitatief hoogstaande multidisciplinariteit niet zonder een diepgaande monodisciplinaire voeding. Dit geldt voor vrijwel alle fasen van de innovatieketen. Bevordering van multidisciplinair onderzoek begint daarom, *voor wat de ondersteuning door de overheid betreft*, bij de universiteit. Slechts nadat die kant optimaal is gewaarborgd en gerevitaliseerd, zou door de overheid kunnen worden gekeken naar de (dan nog bestaande) noodzaak van ondersteuning van nieuwe buiten-universitaire instituten.

²⁵] Ten aanzien van het specifieke geval van katalyse wordt wel gewezen op het gevaar dat door sterke concentratie van universitaire katalytici in een buiten-universitair centrum de universiteiten op katalytisch gebied worden 'uitgekleed', waardoor het zo belangrijke katalytische basiselement in de opleiding van chemici en chemische ingenieurs teveel verdwijnt. De sterke wisselwerking tussen katalyse en aanverwante gebieden, zoals oppervlaktechemie, organische chemie en procestechnologie kan door verplaatsing van katalytische deskundigheid worden aangetast, tenzij deskundigheid in deze disciplines wordt meeverplaatst. Als dat gebeurt, zouden de universiteiten ook in die richtingen een aanzienlijke aderlating ondergaan. Een sterke concentratie van een overal benodigde basisdiscipline als katalyse in een enkel centrum dat niet alle onderwijs- en onderzoekstaken van de universiteit kan overnemen, zou onder de huidige omstandigheden ook voor de industrie meer nadelen dan voordelen kunnen hebben.

Gedreven door initiatieven uit het veld en geconditioneerd door een gerevitaliseerde onderzoeksomgeving aan de universiteit, kunnen op natuurlijke wijze multidisciplinaire onderzoeksverbanden en -netwerken verder worden uitgebouwd. De overheid kan hier, naast genoemde revitalisering van de universitaire onderzoeksomgeving, een ondersteunende rol spelen door (een deel van de) materiële middelen ter beschikking te stellen. Ondersteuning van genoemde multidisciplinaire netwerken met voor kwaliteit geconditioneerde knooppunten (universiteiten, GTP's en ook, maar buiten het beheer van de overheid vallende, bedrijven) lijkt een goede manier om de geldstromen, in aansluiting op een sterke en veelbelovende economische activiteit van Nederland, in overeenstemming te brengen met de nieuwe eisen vanuit de wetenschap, de technologie en de markt. Eerder werd in deze studie opgemerkt dat internationale samenwerking alleen een hoog nationaal rendement zal hebben als vanuit een positie van kracht wordt samengewerkt. Genoemde onderzoeksnetwerken kunnen, indien aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, aan het opbouwen van deze positie een belangrijke bijdrage leveren.

4.3 Onderwijs

Goed onderwijs is een basisvoorwaarde voor de chemische industrie. In deze paragraaf zal worden onderzocht welke veranderingen er naar verwachting in het profiel van de (gemiddelde) werknemer, operator, ingenieur, onderzoeker en manager zullen optreden en welke veranderingen dit in het onderwijs vraagt.

4.3.1 Verschuivende eisen aan de werknemers

Er zou kunnen worden gesteld dat innovatie voor een groot deel een *managementprobleem* is: hoe de beschikbare produktiemiddelen te alloceren opdat een optimaal rendement aan zinvolle vernieuwing wordt verkregen. In de organisatie en het management van innovatie doen zich in de praktijk vaak belangrijke knelpunten voor. Gemiddeld genomen wordt de taak van de manager op dit gebied niet eenvoudiger. In de chemische industrie is het langdurig, op steeds grotere schaal, economisch uitbaten van vrijwel ongewijzigde producten er steeds minder bij. Er dient voortdurend te worden geïnnoveerd. De overzichtelijke volgtijdelijkheid van innovatie en produktie gaat meer en meer verloren. Produktie en innovatie vloeien als het ware in elkaar over. Organisatie en management van produktie wordt in toenemende mate tegelijkertijd organisatie en management van innovatie. Dit vereist van vrijwel elke manager in het chemische bedrijf een *innovatiegevoelige en innovatievriendelijke opstelling*. Hayes en Abernathy komen op basis van onderzoek tot de conclusie dat een van de redenen van het recentelijk innovatief achterblijven van de Verenigde Staten samenhangt met het feit dat het management in teveel bedrijven gedomineerd wordt door managers die in feite weinig afweten van de produkten, de produktieprocessen en de markten van hun bedrijf²⁶. Zij zouden zich bij hun handelen vooral laten leiden door korte-termijn financiële criteria, hetgeen op korte termijn de

²⁶] Zie S. Berger, M.L. Dertouzos, R.K. Lester, R.M. Solow en L.C. Thurow, *Toward a New Industrial America*, Scientific American, juni 1989.

winst kan vergroten, maar op lange termijn negatief uitwerkt. De innovatieve start is in Amerikaanse bedrijven vaak goed, maar loopt om geschetste redenen verderop in de innovatieketen meer dan eens vast.

In veel bedrijven is een groot deel van het innovatieproces gedelegeerd aan de R&D-afdeling. De vraag is of een dergelijke compartimentering in de toekomst nog adequaat zal zijn. Succesvol innoveren en produceren op een sterk competitieve mondiale markt kan steeds minder door serieschakeling van verschillende bedrijfsafdelingen en disciplines. Alle onderdelen van het bedrijf moeten in een samenhangende slagorde worden gezet om succesvol te zijn. In succesvolle Japanse bedrijven wordt veelal van iedere werknemer, van hoog tot laag, een creatieve inbreng gevraagd. Een basiselement hierbij is '*competitive benchmarking*': de continue vergelijking van de eigen producten en processen met die van de wereldmarktleiders, en dit op alle niveau's in het bedrijf. Alhoewel Japan wellicht te vaak en te ongenueanceerd als voorbeeld wordt aangedragen, lijkt een dergelijke attitude ook voor Europese bedrijven veel voordeel te kunnen opleveren. Een strategie als '*competitive benchmarking*' kan echter slechts succes hebben als er bij het management het vermogen en de wil bestaan tot luisteren naar creatieve ideeën uit andere geledingen van het bedrijf. Dit blijkt in de praktijk wel eens op problemen te stuiten. Het vereist een aanzienlijke inhoudelijke en informatieve '*democratisering*' van de bedrijfsorganisatie. Het vinden en het invoeren van de meest optimale organisatiestructuur die daarbij past, is geen eenvoudige zaak. Ieder bedrijf heeft zoveel unieke kanten dat er nauwelijks een standaardformule voor bestaat.

Informatie wordt van toenemend belang. Ondernemen en managen is meer en meer het omgaan met informatie. Door vernieuwingen op informatiegebied lopen verschillende functies inhoudelijk steeds meer in elkaar over. De grens tussen uitvoerende en leidinggevende functies vervaagt. De technische inhoud van deze functies neemt vaak toe, zo wordt '*sales*' meer en meer '*technical sales*'. Uit een toenemende stroom informatie moet de meest bruikbare informatie worden geselecteerd. Het daarbij optredende selectieprobleem zal leiden tot technische systemen, zoals kennissystemen, die informatie op '*intelligente*' wijze reduceren en voorbereiden. De manager en vele anderen zullen met deze systemen moeten kunnen omgaan, waarbij het, zeker in de fase van eerste introductie, van groot belang is niet alleen de capaciteiten er van te kennen, maar ook de tekortkomingen. Onvolkomenheden van deze systemen kunnen er toe leiden dat in de toekomst niet zozeer de selectie van informatie een probleem wordt, maar veel meer de restauratie van voorgeselecteerde en gereduceerde informatie. Het herstellen van informatie die van vrijwel alle context en overtuigingskracht is ontdaan, is (veel) moeilijker dan op het eerste gezicht lijkt.

Het toenemende belang van innovatie vereist voor de meeste markten een zorgvuldige *strategische planning*. Een strategisch beleidsplan dat voor iedere werknemer duidelijk is, geeft structuur en richting aan de innoverende activiteiten van een onderneming. Door de eerder geschetste ontwikkelingen in deze studie wordt strategische planning er gemiddeld genomen niet eenvoudiger op. Er hebben zich op dit vlak overigens al vaak problemen voorgedaan. Soms wordt te weinig energie gestoken in het opzetten en het binnen het bedrijf bekend maken van de strategische voornemens. In andere gevallen wordt het ontwerpen van een plan dat in vrijwel alle

opzichten consistent is, teveel een doel op zich. Uit onderzoek blijkt dat binnen succesvol innoverende bedrijven er veelal een forse afkeer bestaat van formele strategische planning²⁷. Een strategisch plan hoort er bij, maar het is niet iets om erg lang over door te praten. De echte strategische lijnen worden voor een groot deel in de praktijk vorm gegeven, bijvoorbeeld door eerder genoemde 'benchmarking'. Het vinden van een goed evenwicht tussen planning vooraf en flexibele inbreng en aanpassing achteraf wordt een organisatie- en een managementprobleem van de eerste orde. Er kan steeds minder aan het toeval worden overgelaten, terwijl aan de andere kant de eisen voor flexibiliteit ook steeds toenemen.

Verschuivingen waarmee het management te maken krijgt, kunnen op rationaliserende wijze worden besproken. Het is zinvol hier te benadrukken dat uiteraard ook vele 'irrationele' factoren, dat wil zeggen factoren die nauwelijks te duiden of te wegen zijn, in het eventuele succes van het gevoerde management een grote rol spelen. Zo is de 'persoonlijkheid' en de 'uitstraling' van de personen aan de top van zeer grote betekenis. Hetzelfde geldt voor de factor 'geluk'. De competentie van de mensen aan de top lijkt soms in fase met de economische conjunctuur te oscilleren. Het valt buiten de aard van deze studie hier dieper op in te gaan.

Wat hierboven is gezegd, geldt voor een deel ook voor andere functies in het bedrijf. Zo zullen ook vele andere werknemers moeten kunnen omgaan met de nieuwe informatieverwerkende en -leverende systemen. In de moderne chemische industrie wordt voor vele functies de werkplek in toenemende mate een 'center of electronic excellence'. In uitgesproken mate geldt dit voor de *operator*: het menselijke centrum in de on-line procesbeheersing. Door ontwikkeling van zowel hard- en software aan de ene kant als van systeemtechnologie aan de andere kant, is de procesautomatisering van enkelvoudige regelkringen geëvolueerd tot totale plantsystemen²⁸. De process control, waarin Direct Digital Control, feedback en integral control gezamenlijk voorkomen, wordt niet alleen ontworpen om onder standaardcondities te sturen, maar ook om uiteenlopende problemen en storingen op te lossen. Deze systemen zijn nog in ontwikkeling; sommige hulpmiddelen waarmee de operator zich moet behelpen zijn in grote lijnen nog steeds die van 20 jaar terug, zij het dat de computerschermen de plaats hebben ingenomen van de paneelmeters. Het gevolg hiervan is dat een tijdkritische omgeving ontstaat waarin de druk op de operator in veel gevallen groot, te groot wordt. Getracht wordt dit tijdkritische element te verminderen en de meeste problemen automatisch op te lossen. De aanpak hierbij is vooral gericht op het voorkomen van problemen. Op termijn zal dit (moeten) leiden tot een ander gedragspatroon van de operator. Waar hij vroeger vooral de centrale beslisser was, wordt hij nu meer en meer de supervisor van het productieproces. Belangrijke technische knooppunten in bovengeschetste ontwikkeling zijn mens-machine interfacing, kennissystemen

27] J. van der Meer, Effective R&D Based Strategies, dissertatie, Universiteit Twente, 1988.

28] Bij deze passage is dankbaar gebruik gemaakt van informatie verstrekt door Ir. A. Schepens van Dow Benelux N.V.

en real-time expertsystemen. Deze systemen geven kennis in plaats van getallen en zijn een intelligente vraagbaak binnen de controlekamer. Tevens is de sensortechnologie van zeer groot belang. Met nieuwe en verbeterde sensorsystemen zullen procesgrootheden kunnen worden gemeten waarnaar vroeger vaak moest worden gegist. Zoals eerder gesteld, zijn al deze systemen nog verre van uitontwikkeld. Met name het inzetten van expertsystemen in een tijdkritische omgeving is zeer moeilijk. Op nationaal en internationaal niveau wordt onderzoek verricht. Er kan onder meer worden gewezen op het ESPRIT-project PROMISE (= PROcess Operator Multimedia Intelligent Support Environment).

Door verbetering van de beheerssystemen zullen operationele crisissituaties zich, zo wordt verwacht en gehoopt, minder vaak voordoen. Dit betekent dat de kans groter wordt dat de operator, als een dergelijke situatie zich toch voordoet, minder praktische ervaring heeft met de oplossing daarvan. Om dit te ondervangen wordt, naast verdere verbetering van de ondersteunende real-time expertsystemen, gedacht aan training door middel van dynamische processimulatoren zoals die in de vliegtuig- en nucleaire industrie worden gebruikt.

Een algemene ontwikkeling in de eisen die aan vrijwel *elke werknemer* zullen worden gesteld, is een verschuiving van aanpassing naar aanpassingsvermogen. Er komt minder nadruk te liggen op nauwe vaardigheden voor onmiddellijk gebruik. Hieraan blijft natuurlijk in de normale lopende procesvoering behoefte bestaan, maar er komt daarnaast een toenemende behoefte aan breedte en flexibiliteit, aan functionele en geografische mobiliteit en aan openheid ten aanzien van creatieve ideeën van elders (ook uit andere disciplines) en aan gevoeligheid voor samenhangen en analogieën. Dit geldt op vrijwel alle niveau's. Zo zullen zowel op beleidsvormend als op uitvoerend niveau de nieuwe 'meesters' (craftsmen) degenen zijn die onder meer samenhangen tussen processen, producten en markten kunnen zien.

De vraag is nu hoe dit, enigszins impressionistische, beeld van veranderingen in de eisen die aan de werknemers in de chemische industrie worden gesteld, kan worden vertaald naar eisen aan het onderwijs. Op deze vraag zal in 4.3.2 nader worden ingegaan.

4.3.2 Noodzakelijke veranderingen in het onderwijs

Een eventuele discrepantie tussen wat het onderwijs levert en wat de industrie vraagt, heeft een kwantitatieve en een kwalitatieve component. Op dit moment wordt er van uit de chemische industrie gewezen op een *kwantitatief tekort* aan procestechnologen, werktuigbouwkundigen, material engineers en polymeertechnologen²⁹. Indien de economisch opgaande golf die nu gemiddeld zichtbaar is in de chemische industrie doorzet, dan kunnen op korte termijn in grote delen van de chemische arbeidsmarkt produktiegroeibeperkende knelpunten ontstaan. In een relatief sterk

²⁹] Voor een nadere discussie van het tekort aan procestechnologen wordt verwezen naar Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, Advies inzake procestechnologisch onderzoek in Nederland, nr. 62, 1989.

cyclische industrie als de (basis)chemie zijn dergelijke fricties nauwelijks te voorkomen, noch door de overheid noch door de chemische industrie zelf. Een toenemende internationalisering van markten en een toenemende internationale mobiliteit van werknemers zou het meer mogelijk kunnen maken nationale discrepanties via internationale recruitering te verhelpen. Een zaak die vanuit nationaal perspectief niet te negatief moet worden beoordeeld, gegeven de sterke innovatieve impuls die kan uitgaan van internationale doorstroming van human capital. Een nadeel van een internationale bezetting van een bedrijf is dat dit in de praktijk toch vaak communicatiestoornissen oproept.

Inhoudelijke aanpassing van het onderwijs, voor zover dat onder het beheer van de overheid valt, aan nieuwe eisen vanuit de chemie komt vooral neer op *verhoging van het kwaliteitsniveau van dit onderwijs*. Eerder in deze studie werd gewezen op problemen bij het universitaire onderzoek. In het verlengde daarvan ligt een discussie van problemen bij *het universitaire onderwijs*. De volgende observaties zijn van belang:

- . Een wijd verspreide mening in de chemische industrie is dat de waarde van een academische titel gemiddeld genomen is gedaald. Zij staat, als wordt gekeken naar de behoefte vanuit de industrie, te weinig garant voor een 'volwaardig' academicus. Mede daarom verschuift de last van selectie en opleiding teveel in de richting van de industrie. Bij de invulling van het begrip 'volwaardig' gaat het niet alleen om vakmatige zaken, maar (vooral) ook om sociale vaardigheden.
- . De academische opleiding wordt, zelfs tot en met het promotie-onderzoek, in de industrie als te schools beoordeeld. Als een van de oorzaken wordt de studieduurverkorting gezien. Het wordt van groot belang geacht studenten vroegtijdig in aanraking te laten komen met de fundamentele wetenschappelijk onderzoek. In dat licht dienen onderzoek en onderwijs niet te scherp van elkaar te worden gescheiden.
- . De noodzakelijke multidisciplinariteit van de opleiding zou meer inhoud kunnen worden gegeven. Er moet een structuur en een invulling worden gevonden waardoor voorkomen wordt dat multidisciplinariteit leidt tot 'men weet van alles wat, maar van niets voldoende'. Multidisciplinariteit dient geënt te zijn op een gedegen kennis van een basisdiscipline. In te grote mate menen studenten, uit een legitieme wil hun kansen op de arbeidsmarkt te vergroten, zich kennis eigen te moeten maken die zogenaamd 'nuttig' is. Dit kan er toe leiden dat nieuwe vakken of cursussen waarvan de invulling soms nog onvoldoende is uitgekristalliseerd en waarvan de toekomstige relevantie nog moet worden bewezen, in verhouding teveel aandacht krijgen. Een dergelijke ontwikkeling is vaak niet alleen wetenschappelijk bedenkelijk, ook snijdt zij op langere termijn het belang van de chemische industrie.
- . Traditionele vakgebieden verdienen meer aandacht. De ontwikkelingen op het gebied van de (micro-)elektronica maken het bijvoorbeeld mogelijk processen en apparaten veel nauwkeuriger aan te sturen. Dit verhoogt in aanzienlijke mate de eisen die aan traditionele vakken als werktuigbouw-

kunde en procestechnologie worden gesteld. Het gaat hier zowel om nieuwe kansen als om bedreigingen. De mogelijke en noodzakelijke revitalisering en opwaardering van deze 'traditionele' vakgebieden behoeft meer ruimte.

- Er bestaat in de Nederlandse chemische industrie (onder meer) een tekort aan procestechnologen. De tweede fase opleiding (AIO-2) zou dit tekort kunnen verminderen. Het grote belang van de tweede fase opleiding vereist een veel krachtiger stimulans dan tot nu toe van overheidswege is gegeven.
- Een belangrijke stimulans tot internationale oriëntatie en mobiliteit kan reeds in het onderwijs worden aangebracht. Bij een sterk verkorte studieduur kan een student zich de opleidingsvertraging die veelal toch gepaard gaat met internationale mobiliteit nauwelijks permitteren. Het zou van belang zijn de overheidsmaatregelen die de laatste decennia voor het universitaire onderwijs zijn genomen op hun mobiliteitsbelemmerende werking te onderzoeken. Diverse programma's die op internationaal niveau zijn en worden gestart zouden dan wellicht op meer natuurlijke wijze voeding kunnen krijgen vanuit de Nederlandse studentenpopulatie.

Bovenstaande lijst kan met andere punten worden aangevuld. Het spreekt voor zich dat het hier om zaken gaat waarvoor het soms moeilijk is een objectief en sluitend bewijs te geven. Zo is kwaliteit een zeer complex en vaag begrip dat langs vele dimensies en naar vele doelen kan worden gemeten. Er kan eigenlijk niet over 'de' kwaliteit van 'het' academisch-chemische onderwijs worden gesproken. Dit neemt de ernst van de problematiek echter niet weg. Een sterke kwaliteitsdaling, langs welke dimensie dan ook gemeten, heeft de neiging een omgeving te scheppen waarin een lage kwaliteit langdurig in stand wordt gehouden. Voor een deel is de druk op de kwaliteit van het universitaire onderwijs ongewild het gevolg van het optreden van de overheid en van het bedrijfsleven. Zo is de gemelde studieduurverkorting, die overigens naast negatieve aspecten ook wel positieve kanten heeft, mede onder druk van het bedrijfsleven tot stand gekomen. Deze gezamenlijke verantwoordelijkheid verplicht de overheid en het bedrijfsleven, daar waar mogelijk, nodig en gewenst, in samenspraak te zoeken naar een oplossing.

Niet alleen de kwaliteit van het academische onderwijs is in de chemische industrie een punt van zorg. Ook zijn er opmerkingen te maken over de *kwaliteit van het algemeen vormend onderwijs*.

- Des te sneller een samenleving of een economie zich ontwikkelt, des te belangrijker wordt in het algemeen vormend onderwijs het overbrengen van basisvaardigheden ('basic skills', waaronder taalbeheersing). De andere vaardigheden veranderen immers vaak zo snel dat zij slechts vlak voor of tijdens de toepassing moeten worden geleerd. De indruk bestaat dat de laatste decennia het percentage leerlingen dat met voldoende basisvaardigheden het algemeen vormend onderwijs verlaat, is afgenomen. Lacunes in de basisvorming werken lang door in het middelbare onderwijs, terwijl lacunes in het middelbare onderwijs lang doorwerken in de meer specialistische opleidingen.

- In het algemeen vormend onderwijs zijn de laatste decennia te voortvarend onderwijsvernieuwingen doorgevoerd. Op basis van kwestieuze onderwijskundige inzichten (en onder druk van noodzakelijk geachte bezuinigingen) werden sommige vakken, vakinhouden en leermethoden die hun bruikbaarheid gedurende vele jaren redelijk hadden bewezen, zonder goede reflectie te sterk gewijzigd.
- Het vroegere algemeen vormend onderwijs was zeker niet ideaal. Zo sloot de leerstof te weinig aan bij de leefomgeving van de leerlingen, terwijl verder het eenvormige klassikale tempo de leerlingen niet op de uiteenlopende leervermogens aansprak. Pogingen om dit te verhelpen, hebben echter, vooral in de basisvorming en in het eerste deel van het voortgezette onderwijs, op enkele gebieden tot een groot verlies aan duidelijkheid geleid. Er is onvoldoende duidelijk wat in de leerstof nu wel en wat niet belangrijk is. Niet alleen de sterkere leerlingen, maar ook de zwakkere leerlingen, met al hun onzekerheden, hebben daarvan een negatieve invloed ondergaan. Onderwijssystemen die bedoeld waren om ieder kind op zijn of haar eigen tempo aan te spreken, hebben, ondanks de nobele bedoelingen, geleid tot een verlaging van het gemiddelde opleidingsniveau. Een essentiële functie van het algemeen vormend onderwijs - het aanbrenge van structuur en ordening in de binnenschoolse en buitenschoolse kennisverwerving - heeft de afgelopen decennia te weinig aandacht gekregen ³⁰.
- Er is bij sommige vakken een gebrek aan werkelijk goede leermiddelen. De ontwikkelingen die in bovenstaande punten zijn geschetst, hebben hun weerslag gevonden in de leerboeken. Teveel aandacht wordt gegeven aan onnodige, onduidelijke en weinig structurerende zaken. Er wordt weinig onderzoek van niveau gedaan naar het maken van goede leermiddelen. Vernieuwing van leermiddelen vindt teveel plaats om commerciële redenen.
- Een van de beste garanties voor een goed onderwijs is een goed leraren-corps. Op dit gebied zijn zeer negatieve ontwikkelingen zichtbaar. De materiële en maatschappelijke status van leraren is sterk gedaald. Er is een snel verloop, een hoog ziekteverzuim en een gebrekkige motivatie. Voor een groot deel liggen de oorzaken van deze ontwikkeling buiten de leraren zelf. Het is bewonderenswaardig wat de leraren, in de gegeven omstandigheden, nog in stand hebben gehouden en nog tot stand hebben gebracht. De overheid speelt in de geschetste ontwikkeling een rol. Wellicht leeft of leefde bij de overheid teveel de gedachte dat de overheid de kurk is waarop het onderwijs drijft en te weinig het besef dat op langere termijn het onderwijs de kurk is waarop de samenleving en derhalve ook de overheid drijven.

Gegeven de omstandigheden is het waarschijnlijk dat op vele essentiële gebieden een groot tekort aan goede leraren blijft of gaat ontstaan. Dit geldt naar verwachting ook voor het vak scheikunde. Zo is de 1e-graads

³⁰] A.H. Verdonk en W.M. de Jong, Basisvorming Scheikunde: Over Natuurwetenschappelijke Oriëntatie en Scheikunde in het onderwijs en de Noodzaak voor nader Onderzoek, Werkdocumenten Basisvorming in het onderwijs, Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, december 1985.

opleiding voor scheikundeleraren momenteel vrijwel volledig stilgeval-
len³¹. Een situatie die tot ver in de toekomst gevolgen kan hebben. De
2e-graads opleidingen geven kwalitatief onvoldoende vervanging.

Op vele plaatsen binnen de overheid wordt momenteel goed beseft dat een
significante verandering in het overheidsoptreden noodzakelijk is om de
problemen te helpen oplossen. Diverse pogingen worden ondernomen om
te komen tot herstelbeleid en er wordt gesproken over besturing op afstand
waarbij grotere verantwoordelijkheid en vrijheid worden gelaten aan de
uitvoerende partijen. De vraag is echter of de verandering in beleidsmentaliteit
en vooral ook de kristallisatie daarvan in beleidsvoorbereidende en
-uitvoerende structuren reeds voldoende ver zijn om een snelle verbetering
mogelijk te maken. De situatie is complex, de praktijk blijkt meer dan eens
sterker te zijn dan de leer. De overheid is niet alleen speelbal van haar
eigen budgettaire beperkingen, maar ook van het optreden van andere
partijen. Dit ontslaat de overheid niet van haar plicht tot wijziging van haar
optreden. Het betekent echter wel dat een structurele versterking van het
Nederlandse onderwijs en onderzoek niet mogelijk is zonder een positieve
en flexibele inzet van alle betrokken partijen.

4.4 Milieu

Onder 'milieuvervuiling' kunnen vele zaken worden begrepen, zoals onge-
wenste aantasting van bodem, water en lucht (troposfeer en stratosfeer),
overbelasting van de verschillende biotische compartimenten met straling
van elektro-magnetische origine of van elementaire deeltjes, geluidsoverlast,
aantasting van landschap en andere ruimtelijke patronen, beïnvloeding van
planten en diersoorten en slechte (hinderlijke, riskante, gezondheidsbedrei-
gende) arbeidsomstandigheden.

In 3.5 werd aandacht gegeven aan enkele ontwikkelingen op milieugebied.
Gewezen werd op het feit dat voor de chemische industrie milieu meer en
meer een marktfactor wordt waarmee ernstig rekening moet worden
gehouden. Verder werd gewezen op een voor vele gebieden noodzakelijke
verschuiving van (veelal onvolkomen) beheersing naar voorkoming van
afvalstromen. In aansluiting op de bespreking aldaar, zal nu in onderhavige
paragraaf worden gekeken naar (noodzakelijke veranderingen en knelpun-
ten in) het optreden van de overheid. Begonnen zal worden met een korte
historische terugblik.

Aan het einde van de jaren zestig nam de aandacht voor de milieuproble-
matiek zowel binnen als buiten de overheid sterk toe. Een van de oorzaken
was ongetwijfeld de publikatie van het rapport van de Club van Rome. In
dit rapport werd, op basis van uitvoerige computersimulaties, duidelijk
gemaakt dat de energie- en milieuproblematiek geen zaak was voor de
verre toekomst, maar op relatief korte termijn - in de eerste helft van de

³¹] In 1988 waren van de 380 eerste-graadslerarenopleidingsplaatsen voor de wis-, natuur- en
scheikunde er slechts 6 bezet. Zie Knelpunten in de personeelsituatie bij de faculteiten en
afdelingen scheikunde van het WO, Commissie DIALOOCH, Koninklijke Nederlandse
Akademie van Wetenschappen, 1988.

21e eeuw - tot belangrijke problemen en zelfs tot catastrofes kon leiden. Het rapport van de Club van Rome is na het verschijnen vooral vanuit de economische discipline sterk bekritiseerd. Bij nader beschouwing bleek dat sommige veronderstellingen in de gebruikte modellen in strijd waren met wetmatigheden die binnen de economische wetenschap algemeen waren geaccepteerd.

De neergaande economische conjunctuur van de jaren zeventig heeft de aandacht van de overheid gericht op economisch herstel- en herstructureeringsbeleid. Waar vroeger een teveel aan economische groei werd gezien, werd nu een tekort aan groei geconstateerd. De milieuproblematiek bleef belangrijk, hetgeen zich onder meer uitte in een toenemend aantal milieuwetten, maar de politieke prioriteit lag gemiddeld genomen elders. In de jaren tachtig, toen de eerste tekenen van economisch herstel zichtbaar werden, veranderde dit. In toenemende mate werd zowel uit de dagelijkse praktijk als uit wetenschappelijk onderzoek duidelijk dat milieuvervuiling een groeiend probleem was. Waar vroeger slechts vermoedens konden worden uitgesproken, werd nu duidelijk dat zich niet alleen lokale of regionale, maar hoogstwaarschijnlijk ook mondiale effecten begonnen voor te doen. Gewezen kan worden op de stratosferische uitputting van de ozonlaag, het broeikaseffect, de verzuring en meer plaatselijk de rampen met olietankers, industriële bedrijven en kernenergiecentrales.

De bemoeienis van de overheid met de milieuproblematiek heeft geleid tot een groot aantal milieuwetten en milieubepalingen. De belangrijkste Nederlandse milieuwetten worden hieronder weergegeven ³²:

1896/1952	Hinderwet
1969	Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren
1970	Wet inzake de Luchtverontreiniging
1976/1988	Wet Chemische Afvalstoffen
1977	Afvalstoffenwet
1979	Wet inzake de Geluidshinder
1979/1986	Wet Algemene Bepalingen Milieuhygiëne
1982	Interimwet Bodemsanering
1985	Wet Milieugevaarlijke Stoffen
1986	Wet Bodembescherming
1986	Meststoffenwet

De bestaande plaatselijke en regionale milieuproblemen en de toenemende waarschijnlijkheid op ernstige mondiale effecten dwingen tot een hoge bedrijfsmatige en politieke prioriteit van de milieuproblematiek. De industrie zal zich, meer dan in het verleden, steeds moeten realiseren wat de milieugevolgen van haar handelen zijn. Hetzelfde geldt voor de overheid: ook de overheid zal, naast milieuverbeterend beleid, een alerter oog moeten hebben voor de schade die overheidsoptreden, waaronder de (soms grillige) politieke besluitvorming, het milieu indirect kan aandoen. Daarnaast heeft ook de consument zijn verantwoordelijkheden. Bij het oplossen van milieuproblemen

32] R. de Man, Interne milieuzorg in bedrijven: de stand van de Nederlandse discussie, Achtergronden van milieumanagement, rapport nr. 2, Environmental Management, Leiden, 1989.

problemen is het van belang zich niet te laten leiden door modieuze stromingen van elke aard ook, maar een maatschappelijk juist evenwicht te bewaren tussen verschillende doelen en prioriteiten.

Voor het werkelijk oplossen van de gegroeide milieuproblemen is in een groot aantal gevallen een aanmerkelijke reductie van de milieuaantasting noodzakelijk³³. Een dergelijke reductie is met de bestaande productiemiddelen bij behoud van materiële welvaart en ongewijzigde consumptiepatronen nauwelijks of niet te verwezelijken. De technische ontwikkeling kan, indien zorgvuldig ingezet en vormgegeven, bijdragen aan een simultane bevrediging van verschillende behoeften, op consumptief en op milieugebied.

Nieuwe technieken zijn in een aantal belangrijke gevallen wel een noodzakelijke voorwaarde om te komen tot een oplossing van de milieuproblemen, maar zij zijn zelden een voldoende voorwaarde. Het aanpakken van milieuproblemen betekent veelal beheer en vernieuwing van een hele maatschappelijke keten. Naast techniek spelen ook organisatorische en institutionele maatregelen een grote rol. Het gewicht dat aan ieder van deze aspecten moet worden gegeven, is afhankelijk van de milieuaantasting in kwestie. Voor een zo hoog mogelijk rendement op de ingezette middelen, dient in principe de hele winnings-, productie- en gebruiksketen te worden geëvalueerd. Zo moeten bij grensoverschrijdende milieuvervuiling ook buitenlandse emissiebronnen in de beschouwing te worden betrokken.

Een goed milieubeleid van de overheid heeft een communicatieve, een grensstellende en een voorwaardescheppende component. Deze componenten worden hieronder nader besproken.

4.4.1 De communicatieve component van het milieubeleid

De ervaring leert dat de effectiviteit van veel overheidsmilieumaatregelen aanzienlijk toeneemt als deze maatregelen in goede *samenspraak en samenwerking* met de betrokken partijen tot stand komen. Waar mogelijk en zinvol zullen de overheid, het bedrijfsleven en andere groeperingen een dergelijke samenwerking moeten nastreven. In de Nederlandse chemische industrie bestaat daaraan een grote behoefte. Zo is het vele chemische bedrijven een doorn in het oog geweest dat zij bij het opstellen van het Nationale Milieubeleidsplan (NMP, NMP-plus) nauwelijks of niet zijn gehoord. Binnen de chemische industrie is de mening wijd verspreid dat de overheid bij haar milieubeleid niet altijd, gegeven de doelstelling die de overheid zelf heeft gekozen, de juiste praktische prioriteiten kiest. De verdeling van aandacht over industriële en niet-industriële vervuiling wordt meer dan eens als onevenwichtig beoordeeld. Minder ernstige industriële vervuilingen krijgen soms onevenredig veel aandacht. Meer overleg en samenwerking met de chemische industrie - een industrie waar zeer veel milieuexpertise aanwezig is - kan leiden tot een meer realistische aanpak van de problemen. Vooral op lokaal niveau gaat de overheid, zo wordt wel geconstateerd, nog teveel uit van een confrontatiegedachte en wordt aan

³³] Zie bijvoorbeeld F. Langeweg (red.), Zorgen voor morgen: nationale milieuverkenning 1985-2010, Rijksinstituut voor Milieuvraagstukken (RIVM), 1988.

milieumaatregelen soms een uitleg gegeven die door de centrale overheid niet is bedoeld. Enige confrontatie tussen overheid, bedrijfsleven en belangengroeperingen kan verhelderend en stimulerend werken. Confrontatie behoeft niet geheel te worden vervangen door accommodatie. Maar meer zou moeten worden beseft dat de chemische industrie ook een partij is die wezenlijk kan helpen bij het oplossen van milieuproblemen, niet alleen in haar eigen sector, maar ook elders in de economie.

Het is bij genoemde samenwerking van groot belang de voorwaarden voor een goed resultaat scherp in de gaten te houden. Als de samenwerking te sterk institutionaliseert, bestaat het gevaar van het ontstaan van een circuit dat verstarrend en innovatiebelemmerend werkt. Verder heeft de overheid, zeker in dit gebied waar soms sprake is van urgentie, niet de tijd en de mogelijkheid om met iedere belanghebbende te overleggen. Dit kan in de praktijk bijvoorbeeld tot gevolg hebben dat de stem van de kleinere chemische bedrijven te zwak in het overheidsoptreden doorklinkt. Ook is het gevaar niet denkbeeldig dat samenwerking en samenspraak leiden tot het ontstaan van twee nauwelijks met elkaar verbonden discussiewerelden: het niveau van de meer geïnstitutionaliseerde samenwerkingsdiscussie en het niveau van wat er werkelijk in de bedrijven gebeurt³⁴. Een open oog voor deze gevaren kan de samenwerking vruchtbaarder maken.

Een belangrijk punt voor de chemische industrie is de afhandeling van crisissituaties, zowel binnen als buiten het bedrijf ('transport emergencies'). Internationale ervaring geeft aan dat een snelle afhandeling van transport-emergencies nog al eens op problemen stuit. Er is vaak sprake van een onduidelijke taakstelling en van een verdeling van de taken over teveel instanties. Het is bij genoemde emergencies aan te bevelen voor de tijd van de crisis de afhandeling in handen te leggen van een enkele instelling met goede communicatieve verbindingen met ondersteunende partijen, waaronder de industrie. Een dergelijke instantie kan zich op haar taak specialiseren en waar nodig anticiperend onderzoek (laten) verrichten. Dit onderzoek past in de constatering dat de toenemende kennisintensiteit van de industrie en de samenleving niet alleen moet worden gezocht in directe produktie en consumptie, maar ook in de wijze waarop negatieve gevolgen daarvan worden aangepakt.

Een andere zaak van belang is *voorlichting*. Voor een goed milieubeleid is het zinvol dat de overheid duidelijkheid laat bestaan over haar doelen en middelen. Het kan in dat kader nodig zijn arbitraire begrippen als duurzame samenleving van een verdere operationele uitwerking te voorzien. Door goede voorlichting kan een indruk van grilligheid in het overheidsoptreden voor een deel worden weggenomen. Ook de informatiestroom in omgekeerde richting - richting overheid - zou kunnen worden verbeterd. Zo kunnen milieumaatregelen leiden tot situaties die door de wet- en regelgever onbedoeld zijn. Met name lijken dergelijke situaties zich voor te doen in kleinere chemische bedrijven. Deze bedrijven missen bij de centrale overheid een gemakkelijk aanspreekpunt om over deze zaken te overleggen. Het

³⁴] R. de Man, op. cit.

is nodig in het kader van het doelgroepenbeleid hiervoor een voorziening te treffen.

Een belangrijk probleem voor de overheid is dat de beste milieu-experts overwegend in de industrie zitten. Expertise en industrieel belang zijn soms moeilijk van elkaar te scheiden. De industrie en haar vertegenwoordigers zijn om begrijpelijke redenen vaak gehouden continuïteit en economische winstgevendheid voorop te stellen. Door samenwerking tussen industrie en overheid is dit probleem te expliciteren en te verminderen, maar niet volledig te elimineren. Zowel de overheid als de industrie hebben behoefte aan een goed milieuonderzoeksinstituut dat, waar nodig in een internationale context, op eigen gezag milieuproblemen onderzoekt of laat onderzoeken. Dit instituut zou een coördinerende rol kunnen spelen in de verdeling van milieugelden over de verschillende onderwerpen van onderzoek. Het zou er toe kunnen bijdragen dat het deskundigheidsgehalte van overheidsmilieumaatregelen wordt vergroot. In lijn met eerdere uitspraken in deze studie over instituutsvorming, moet hierbij niet per definitie worden gedacht aan een nieuw instituut. Door aanpassing van de bestaande institutionele structuur binnen Nederland kan aan deze behoefte tegemoet worden gekomen.

Ook voor de industrie is voorlichting van belang. In de chemische industrie wordt reeds lang aan milieuzorg gedaan. In 1989 was in de Nederlandse chemische industrie ongeveer 15% van de totale investeringen gericht op milieumaatregelen. Dit percentage heeft de neiging te groeien, zij het dat daarbij wel moet worden aangetekend dat een scherp onderscheid tussen milieuinvesteringen en normale investeringen veelal moeilijk te maken is. Vrijwel elke investering, bijvoorbeeld ter vergroting van het marktaandeel, heeft tegenwoordig wel een milieucomponent. In ieder geval gebeurt er in de chemische industrie op milieugebied reeds veel. De Nederlandse chemische industrie neemt hier duidelijk een eigen verantwoordelijkheid, hetgeen zich onder meer uit in het opstellen en het aannemen van gedragsrichtlijnen, het opzetten van milieuzorgsystemen en het aangaan van samenwerkingsverbanden, niet alleen met de overheid, maar ook tussen de bedrijven onderling. De indruk bestaat dat dit buiten de industrie te weinig bekend is. Voorlichting zou dit kunnen verhelpen. Van essentiële betekenis hierbij is geloofwaardigheid. Het is van groot belang aan de hand van verifieerbare voorbeelden te kunnen aantonen dat het de desbetreffende partij en voorlichter ernst is met de milieuproblematiek.

4.4.2 De grensstellende component van het milieubeleid

Het stellen van normen, grenzen en voorschriften is een belangrijk aspect van het overheidsmilieubeleid. Het gaat hier om een breed spectrum van mogelijke maatregelen, zoals verbodsbepalingen die een zeker emissieplafond voorschrijven, voorschriften die bepaalde procesmatige handelingen opleggen en meer marktconforme ingrepen, zoals progressieve heffing bij toenemende emissie. Nentjes en Wiersma komen op basis van onderzoek tot de conclusie dat er in een aantal gevallen een grote milieusparende stimulans kan uitgaan van financiële instrumenten, zowel in de heffende als

in de subsidiërende sfeer³⁵. De effectiviteit en de zinvolheid van financiële instrumenten is gebonden aan specifieke omstandigheden. Niet in alle gevallen werken zij goed.

Een zeer belangrijke maatregel blijkt verder te zijn de regeling van aansprakelijkheid achteraf, zij het dat de jurisprudentie daarover nog niet volledig is uitgekristalliseerd. De overweging dat een bedrijf nog jaren later voor de kosten van schoonmaak verantwoordelijk kan worden gesteld als de lozing of storting plaatsvond op een moment waarop het bedrijf redelijkerwijze had kunnen vermoeden dat schadelijke vervuiling zou plaatsvinden of wanneer het onderzoek daarnaar heeft nagelaten, blijkt veel bedrijven geholpen te hebben over te gaan tot serieuze maatregelen.

De overheid kan met haar grensstellende milieubeleid een belangrijke bevorderende invloed uitoefenen op de ontwikkeling en de toepassing van nieuwe milieutechnieken. De ervaring leert dat de maatregelen dan wel aan bepaalde voorwaarden moet voldoen.

Ten eerste is het voor de internationaal opererende en concurrerende chemische industrie van groot belang dat zoveel mogelijk wordt gekomen tot *internationalisering van milieumaatregelen*. Zoals reeds eerder in deze studie is gesteld, is de technologische potentie van de chemische industrie voldoende groot om strenge internationale milieunormen aan te kunnen, en om bedreigingen op dit gebied te veranderen in nieuwe kansen.

Ten tweede is het voor een optimaal effect nodig dat de desbetreffende maatregelen *evenwichtig, duidelijk en consistent* zijn. Reeds eerder werd gewezen op de constatering vanuit de industrie dat de overheid bij de bestrijding van de milieuaantasting niet altijd de juiste praktische prioriteiten kiest. Tevens is de mening wijd verspreid dat de grilligheid van de politieke besluitvorming teveel doorklinkt in het milieubeleid. Tussen verschillende overheidsmaatregelen wordt soms een aanmerkelijke inconsistentie geconstateerd. Genoemde meningen hebben een dempende invloed op de innovatiebereidheid van de chemische industrie.

Ten derde is de *voorspelbaarheid van het overheidsoptreden* van belang. Vooral de meer fundamentele technologische oplossingen van milieuproblemen vragen investeringen die onder normale omstandigheden slechts over een lange periode kunnen worden afgeschreven. De innovatiebereidheid kan in een aantal gevallen sterk worden verhoogd door de industrie meer zekerheid te bieden ten aanzien van toekomstige milieuregels. Het is vanuit innovatief oogpunt zinvol de economische levensduur van de milieuvorzieningen en het veranderingstempo van de milieuregels, daar waar dit niet in strijd is met zwaarwegende maatschappelijke belangen, met elkaar in overeenstemming te brengen.

Hierop aansluitende kan, ten vierde, worden gewezen op het belang van het vinden van een *realistisch tijdpad bij implementatie* van milieuregels. Een tijdpad dat niet alleen ligt binnen maatschappelijk acceptabele grenzen, maar ook realistisch is in technologisch en in economisch opzicht. Indien nieuwe processen en produkten te snel tot een Wet van Meden en Perzen worden verklaard, dan is het voor een industrie waar nieuwe processen en

35] A. Nentjes en D. Wiersma, 'Economische stimulansen voor milieuinnovatie', Milieu & Innovatie, Wolters-Noordhoff Groningen, 1989.

produkten in concurrentie treden met bestaande activiteiten vaak voordeliger om niet te innoveren. Wat niet bestaat, kan ook niet worden opgelegd. Verder zijn er situaties waarin hoge eisen op korte termijn aanzetten tot een technologiekeuze die op langere termijn minder goede resultaten geeft. Zo kan de eis tot snelle implementatie de industrie dwingen tot de keuze voor 'end-of-pipe' technieken, ook daar waar eigenlijk een meer fundamentele proceswijziging aangewezen zou zijn. De 'adjustment costs' van end-of-pipe technieken, die het eigenlijke productieproces vrijwel ongewijzigd laten (filters, scrubbers, allerlei andere afvangtechnieken), zijn op korte termijn veelal het geringst. Een minder optimale technologiekeuze is echter ook in omgekeerde richting mogelijk. De wil om te komen tot fundamentele oplossingen van milieuproblemen kan de overheid verleiden tot het vereisen van aanzienlijke proceswijzigingen, ook in gevallen waar end-of-pipe technieken een voldoende oplossing bieden of waar fundamentele proceswijzigingen zowel technologisch als economisch nog te ver weg liggen. Dat dit in milieu- en in technologisch opzicht averechts kan werken, behoeft geen verdere uiteenzetting. Door uit te gaan van realistische normen en van realistische tijdpaden om deze normen te bereiken, kan op termijn veelal een groter milieurendement worden verkregen en kunnen de mogelijkheden van zowel end-of-pipe technieken als van meer fundamentele proceswijzigingen (waaronder preventietechnieken) optimaal worden benut. De problematiek van de optimale normstelling speelt in vele sectoren van de economie. De situatie in de chemische industrie is in bepaalde opzichten relatief gunstig. De meeste voor de hand liggende end-of-pipe technologieën hebben daar reeds hun toepassing gevonden. Aanvullende end-of-pipe oplossingen worden snel duurder. Dit leidt automatisch tot een grotere aandacht voor en een grotere haalbaarheid van meer fundamentele oplossingen. Te verwachten is dat deze oplossingen zich niet zullen beperken tot de chemische industrie zelf. In de inleiding van deze studie werd gesteld dat innovaties in de chemie veelal ook innovaties elders in de economie oproepen. Onder meer door de ontwikkeling van nieuwe chemische hulpstoffen en daaraan gekoppelde processen zal de chemie naar verwachting ook een bijdrage leveren aan een meer fundamentele oplossing van milieuproblemen in andere sectoren.

4.4.3 De voorwaardescheppende component van milieubeleid

Vele zaken zouden kunnen worden gerekend tot voorwaarden voor een goed milieubeheer. Dit geldt ook voor enkele punten die in 4.4.1 en 4.4.2 zijn genoemd. Hier zou een gezonde economie aan kunnen worden toegevoegd. In een economisch zwak land bestaan over het algemeen andere prioriteiten. Een goed algemeen economisch beleid lijkt derhalve een belangrijke voorwaarde te zijn om te komen tot een schoon milieu. Hierbij dient wel te worden aangetekend dat een dergelijk beleid geen voldoende voorwaarde is. Een voorspoedige economische groei die door dit beleid wordt bevorderd, kan, indien de milieuaantasting per eenheid produkt onvoldoende daalt, leiden tot nog grotere milieuproblemen. Een belangrijke spanningsvariabele hierbij is de technische ontwikkeling: deze maakt het binnen zekere grenzen mogelijk strijdige doelen met elkaar te verenigen.

De technische ontwikkeling is, zoals reeds meermalen in deze studie gesteld, in vele gevallen een noodzakelijke voorwaarde om te komen tot een

drastische vermindering van de milieuaantasting. Uit vrees dat de benodigde milieutechnieken niet uit zichzelf in de markt tot stand zouden worden gebracht, heeft de overheid aan verschillende technologieprojecten steun verleend. Voor een deel gaat het daarbij om technieken die ook voor de chemische industrie van belang zijn. Het is zinvol de overheidsbemoediging te dien aanzien meer in detail te bekijken. Een momentaan overzicht (anno 1989) van de diverse projecten volgt hieronder ³⁶:

Projecten Technische OntwikkelingsKredieten

- windgeneratoren
- energiezuinige kassen en/of installaties
- biologische zuiveringsinstallaties van afvalwater
- NOx arme branders/generatoren
- maalinstallaties voor rubberbanden
- energiezuinige verwarming
- mestverwerkingsinstallaties
- rookgasreiniging
- membranen en/of omgekeerde osmose
- besturing

Projecten milieuvriendelijke technologieregeling

- afvalwaterzuiveringsinstallaties
- bodemreinigingsinstallaties
- afvalscheidings- en verwerkingsinstallaties
- galvanische industrie
- rookgasontzwavelingsinstallaties
- slib

Eureka projecten

- detectie, continue inventarisatie
- moderne technologieën t.b.v. ecologische oorzaak-gevolgreacties
- geïntegreerd afvalverwerkingscentrum
- voedingswaarde en verteerbaarheid van veevoeder
- supergeleiding
- warmtepompen en warmtetransformatoren
- reiniging havenslib
- alkalische brandstofcel

Projecten PBTS nieuwe materialen e.a.

- milieuvriendelijke verven en coatings
- filters voor vloeistofreiniging
- opwerking van verbrandingslakken
- IOP's membranen, recycling non ferro metalen
- stimuleringsprogramma verf

Projecten PBTS biotechnologie e.a.

- reiniging van afgassen van koolwaterstoffen
- filtermateriaal voor biologische luchtfilters
- moeilijk afbreekbaar afval(water)
- grondreiniging
- upgrading oud papier

³⁶] Overzicht verstrekt door de uitvoeringsorganisatie voor het technologiebeleid StIPT (Stimulerings Projectteam Technologie).

- mestverwerking
 - IOP biotechnologie: milieucomponent
 - IOP koolhydraten
 - Stimuleringsprogramma katalyse
- Projecten PBTS informatietechnologie*
- milieuonderdelen

PBTS: Programma Bedrijfsgerichte Technologie Stimulering
IOP : Innovatiegericht OnderzoeksProgramma

Aan bovenvermelde projecten is sinds 1980 ongeveer f. 150 mln aan overheidsgeld besteed. Als daar ook nog enkele andere milieurelevante posten bij worden geteld, dan geeft dit op jaarbasis toch nog *minder dan 1% van het totale R&D-budget* van de overheid in Nederland. Er is hier uiteraard sprake van een *zeer* globaal gegeven. Zoals eerder gesteld zijn investeringen in het milieu soms moeilijk te onderscheiden van andere investeringen. Vrijwel elk chemisch onderzoek heeft tegenwoordig wel een milieuaspect. Maar dat slechts een *zeer* gering deel van de R&D-inspanning van de overheid direct is gericht op de ontwikkeling van nieuwe milieutechnologie staat echter buiten kijf. Van de milieugelden gaat het grootste deel naar 'schoonmaak', slechts een gering deel (minder dan 10%) is gericht op verbetering van technieken. Het lijkt, gegeven het grote belang van technologische ontwikkelingen op milieugebied, zinvol het overheidstechnologiebeleid in die richting te verbreden. Het gaat hierbij niet alleen om meer geld. Zonder goede structuren en goede onderwerpen zal een toenemende hoeveelheid geld eerder verstorend werken.

In bovenstaand overzicht van onderwerpen overheerst het end-of-pipe karakter. Dit is ook wel begrijpelijk omdat de vraag van het bedrijfsleven aan de overheid zich daarop vooral concentreert. Preventie via de ontwikkeling van nieuwe totaalsystemen lijkt meer op de weg te liggen van het bedrijfsleven zelf. Desalniettemin is het zinvol te onderzoeken in hoeverre bij het overheidsoptreden een meer geïntegreerde benadering van ontwikkeling van milieutechnologie tot stand kan worden gebracht.

4.5 Energie

Een goede energievoorziening is een levensvoorwaarde voor de chemische industrie. In 3.6 werden enkele ontwikkelingen nader besproken. In die paragraaf werd uiteengezet dat het, om verschillende redenen, zowel voor de korte als voor de lange termijn zinvol blijft te zoeken naar mogelijkheden voor verdere besparing en ontwikkeling van nieuwe energiebronnen.

Het overgrote deel van het industriële energieverbruik in Nederland is gebaseerd op aardgas. Meer specifiek, is de verdeling van het industriële energieverbruik over de verschillende energiedragers als volgt:

Tabel 4.5 De verdeling van het industriële energieverbruik over verschillende energiedragers, in 1987 in Nederland

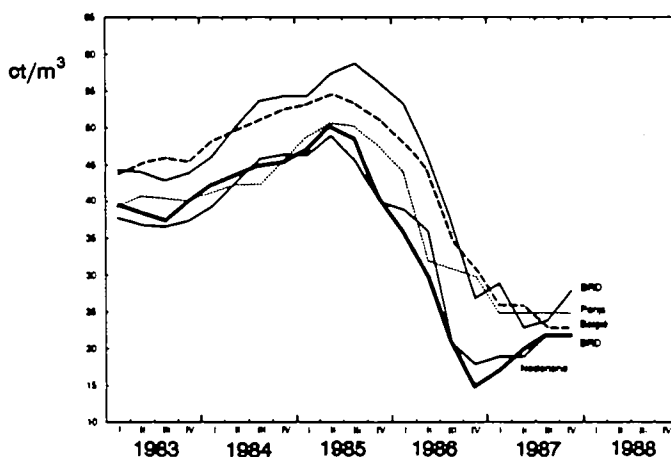
elektriciteit	20%
olie	18%
gas	58%
kolen	4%
	100%

Bron: Jaarverslag van de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI), 1987, blz. 57

Het overheidsbeleid ten aanzien van energie is gericht op het bevorderen van beschikbaarheid (tegen economisch haalbare condities), betrouwbaarheid, veiligheid en vermindering van de milieuaantasting. Het aardgas speelt, gelet op de winning uit eigen voorraden, in het energiebeleid van de Nederlandse overheid een belangrijke rol. De chemische industrie in Nederland neemt ongeveer 60% van het binnenlandse industriële gasverbruik voor haar rekening. Ongeveer de helft daarvan wordt afgenomen door de kunstmestindustrie (grondstof + energie).

In de beschikbaarheid en in het prijsniveau van aardgas doen zich voor de chemische industrie momenteel geen grote problemen voor. De prijs die de Nederlandse chemische industrie moet betalen per eenheid afgenomen aardgas is momenteel niet hoog ten opzichte van die in vergelijkbare landen met een concurrerende chemische industrie. Ter verdere informatie volgt in figuur 4.4 een beeld van het tijdsverloop van de industriële gasprijs.

Figuur 4.4 Het tijdsverloop van de industriële gasprijs



Bron: A.H.P. Goossens, 'Aardgas en de energievoorziening van de Nederlandse industrie', Energiespectrum, oktober 1988.

Een interessant punt is hier de koppeling van energiebeleid en milieubeleid. Bij de prijsstelling van energie(dragers) is het van belang dat de prijzen van de geleverde en de teruggenomen energie (zoals bij warmte/krachtkoppeling) zo te stellen dat er een waardevolle stimulans uitgaat voor energiebesparing en voor de overgang op minder milieubelastende gebruiks- en conversiemethoden.

Binnen het milieubeleid is er recentelijk een sterke aandacht voor het mondiale broeikas effect. Dit vermeende broeikas effect doet stemmen opkomen die pleiten voor een herevaluatie van kern(splijtings)energie. Dit lijkt een redelijke propositie, zeker nu gewerkt wordt aan reactoren met een 'walk away safety'. Invoering van kernenergie zou kunnen leiden tot een vermindering van de uitstoot van het belangrijke broeikasgas CO₂. Hierbij moet wel worden aangetekend dat een overgang op kernenergie, voor zover beperkt tot elektriciteit, slechts een klein deel van de CO₂-uitstoot kan wegnemen. Zo is in Nederland slechts 20% van het industriële energieverbruik gebaseerd op elektriciteit. De inzet van kernenergie voor de andere energievormen waarvoor nu olie, gas of kolen worden ingezet, stuit op beperkte voorraden splijtbaar materiaal, vereist grote maatschappelijke veranderingen (zoals overgang op H₂-samenleving) en is in een aantal gevallen technisch niet goed mogelijk. Naast CO₂ spelen ook andere broeikasgassen een rol. Naar schatting wordt het vermoedelijk bestaande broeikas effect momenteel ongeveer voor 50% bepaald door CO₂-gas³⁷. CFK's, methaan, troposferisch ozon en NO_x nemen het grootste deel van de andere helft voor hun rekening. De atmosferische toevoeging van de verschillende broeikasgassen loopt niet parallel. Dit betekent een verschuiving in het belang van de diverse gassen in de tijd. Sommige onderzoekers verwachten dat gaandeweg de andere broeikasgassen - en dan met name CFK's en methaan - belangrijker worden. Op lange termijn zou, bij ongewijzigde ontwikkeling, het koolzuurgas nog slechts een gering deel van het broeikas effect voor zijn rekening nemen³⁸. Dit zou het gunstige effect van het wegvangen van CO₂, hoe belangrijk wellicht ook, doen afnemen. Het ziet er naar uit dat kernenergie geen panacee is voor de oplossing van het broeikas effect.

4.6 Fysieke infrastructuur

Chemische productie en afzet gaat veelal gepaard met aanzienlijke materie- en informatiestromen. Een goede fysieke infrastructuur is derhalve van belang.

Gezien vanuit de chemische industrie is het managen van transport emergencien van groot belang. Op deze zaak is reeds eerder ingegaan. Verder doen zich op dit moment wat het materiële transport betreft voor de chemische industrie geen grote aanvoer- of afvoerproblemen voor. Uiteraard

³⁷] V. Ramanathan, 'The Greenhouse of Climate Change: A Test by an Inadvertant Global Experiment', Science, 15 april 1988, 293-299; A. Comolet, 'Le réchauffement global de la planète', Futuribles, février 1988, 3-18.

³⁸] In het jaar 2020 zou bij ongewijzigde ontwikkeling nog slechts 30% van het totale broeikas effect direkt samenhangen met CO₂. Zie bijvoorbeeld 'The Challenge of Global Change', New Scientist, 28 juli 1988, 34-36.

heeft de chemie bij het wegtransport wel te maken met de gebruikelijke congestieverschijnselen. Wellicht zijn de knelpunten door een verschuiving en betere aansluiting tussen de verschillende vervoersmodaliteiten te verminderen. Dit vraagt over het algemeen van alle betrokken partijen een andere aanpak en een andere mentaliteit dan nu. Zo vraagt het beter inspelen op de vervoersbehoefte van de vervoerders een meer klantgerichte aanpak, bij de spoorwegen bijvoorbeeld gekoppeld aan assenmanagement voor sommige zuidelijke routes. Zonder genoemde verandering van aanpak, is de kans groot dat het rendement van investeringen in de verschillende vervoersmodaliteiten in termen van oplossing van congestieverschijnselen relatief laag zal blijven.

De informatie-infrastructuur is om evidente redenen van cruciale betekenis. Goederenstromen gaan meer en meer gepaard met intense informatiestromen. Bedrijven krijgen het karakter van een internationaal gespreid netwerk van vestigingen, met elkaar verbonden door informatienetwerken. Voor een deel hebben deze een privaat karakter. Er worden toenemende eisen gesteld aan de transportcapaciteit, de interconnectiviteit en de betrouwbaarheid van de diverse informatienetwerken. Geconstateerd wordt dat de overheid op informatiegebied in bepaalde opzichten achterblijft bij de ontwikkelingen in het bedrijfsleven. Op de informatie-interface tussen overheid en bedrijfsleven of burger doen zich bij automatisering soms vervelende problemen voor. Het blijkt bijzonder moeilijk te zijn eenduidige en betrouwbare algorithmes op te stellen voor de werkwijze en de (meeste) taken van de overheid. Zo heeft het overheidsoptreden veelal een katalyserende component, deze laat zich moeilijk automatiserings-technisch formaliseren. De opsplitsing van verantwoordelijkheden binnen de overheid maakt het in de praktijk bovendien vaak moeilijk verschillende onderdelen te integreren. De vooruitgang in informatietechniek zal de overheid dwingen tot een fundamentele reflectie op haar taken en werkwijzen. Deze reflectie kan, evenals in het bedrijfsleven, op termijn gunstige gevolgen hebben. Een noodzakelijke voorwaarde daarvoor is wel dat deze reflectie voor een deel voorafgaat aan de invoering van nieuwe informatietechnieken, en niet omgekeerd.

In dit afsluitende hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de bevindingen van de studie. Op daartoe geëigende plaatsen zijn enkele beleidsaanbevelingen opgenomen (ingesprongen). De bespreking is vrij algemeen. Voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar de hoofdtekst.

De chemische industrie bevindt zich in een periode van belangrijke structurele aanpassingen. De studie *'Perspectief in innovatie: de chemische industrie nader beschouwd'* tracht deze aanpassingen in kaart te brengen en daarbij de mogelijke rol van de overheid te markeren. Een centrale plaats in het geheel wordt ingenomen door de technologische ontwikkeling.

De analyse begint met een korte economische plaatsbepaling van de sector. De Nederlandse chemische industrie groeit gemiddeld genomen nog steeds sneller dan de totale industrie, hetgeen een verschuiving betekent van de industriële structuur richting chemie. Deze verschuiving is ook zichtbaar in de export, waar het aandeel van de chemie na enige stagnatie in de jaren zeventig weer toeneemt. Zeer globaal bekeken, hebben zich in de mondiale verdeling van de chemische produktie nog geen grote wijzigingen voorgedaan. Alleen het (nog kleine) aandeel van Japan is sterk stijgende. Dit betekent niet dat er weinig aan de hand is: des te lager het aggregatieniveau, des te groter en dramatischer de verschuivingen. Een regionaal verdeelde produktmarkt verschuift meer en meer naar een produktverdeelde wereldmarkt met soms nog maar enkele producenten per produkt. De chemische industrie bevindt zich in een periode van heroriëntatie in termen van produkt- en marktkeuze. De werkgelegenheid in de Nederlandse chemie is vanaf 1983 weer licht stijgende. De investeringen zijn de laatste jaren sterk toegenomen. Toch heeft dit (nog) niet geleid tot een significant groter aandeel in de totale industriële investeringen in Nederland, hetgeen, gelet op de hogere groei en de relatief hoge kapitaalintensiteit van de chemie, een indicatie is van verschuivende kapitaalintensiteiten, zowel binnen als buiten de chemische industrie. Het laatste decennium hebben hierbij ook investeringsloze groei die mogelijk is bij onderbezetting en technologische 'capacity creep' een rol gespeeld.

Na deze korte economische introductie volgt een beschrijving van te verwachten ontwikkelingen in en rond de chemie. Gewezen wordt op de opkomst van een nieuwe generatie basistechnologieën. Aangegeven wordt wat de vermoedelijke gevolgen zijn voor de chemische industrie, onder meer in termen van versterking van de R&D-functie, nieuwe vormen van automatisering en flexibilisering en nieuwe produkt-, proces- en marktkeuzes. Aan de hand van twee voorbeelden - toepassingen op medisch gebied en katalyse - wordt getracht de synergie tussen de verschillende basistechnologieën zichtbaar te maken. Het eerste voorbeeld geeft tevens een indruk van enkele belangrijke ontwikkelingen op farmaco-chemisch gebied. Het tweede voorbeeld is van belang omdat meer dan 2/3 van de industrieel-chemische processen wordt gekatalyseerd en de vooraanstaande positie van de Nederlandse chemie voor een groot deel samenhangt met de sterke positie in katalyseonderzoek en -toepassing. In de discussie wordt tevens

gewezen op het grote belang van incrementele innovaties, onderdeel van het welbekende proces van 'learning by doing and using'.

Mede door genoemde technische ontwikkelingen ontstaat een opwaartse druk op de middelen die voor innovatie moeten worden gereserveerd. Technologie wordt meer en meer een strategische factor. Innovatie in de chemie rukt op naar complexere gebieden en producten. De markt stelt toenemende eisen. Secundaire effecten van processen en producten krijgen in een aantal gevallen primaire marktbetekenis. De resultaten van R&D moeten sneller beschikbaar zijn. Gewezen wordt op enkele mogelijke gevolgen van een sterk toenemende innovatie-inspanning.

Een ontwikkeling, die deels met het voorgaande samenhangt, is internationalisering. Deze ontwikkeling krijgt een extra accent door de eenwording van de Europese markt in 1992 en de structurele wijzigingen in Oost-Europese landen. Alhoewel de chemische industrie reeds sterk internationaal opereert, is de marktdimensie van de Europese markt door de beoogde eenwording in feite heronderdekt, ook door niet-Europese bedrijven. De mondiale concurrentie zal in Europa een belangrijk en interessant slagveld vinden.

Op milieugebied is sprake van een zekere automatische verinnerlijking van milieufactoren. Milieu wordt in toenemende mate een serieuze marktkracht, zij het soms een zeer grillige. Er is op enkele gebieden een verschuiving van beheersing naar voorkoming van afvalstromen. Ten aanzien van energie en grondstoffen wordt gewezen op mogelijkheden voor verdere besparing daarvan. Een significante overgang op een nieuwe koolstofbron wordt op korte termijn voor de organisch-chemische industrie als geheel niet verwacht. Op deelmarkten zijn er echter interessante mogelijkheden voor het gebruik van 'renewables'.

In het daarop volgende hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van knelpunten en noodzakelijke aanpassingen, met name in het overheidsbeleid. Gestart wordt met een schets van het strategische profiel van de chemie in Nederland. De centrale vraag is of de Nederlandse chemische industrie zich als geheel, gelet op de eerder geschetste ontwikkelingen, meer zou moeten profileren in het kennisintensieve deel van het produktspectrum. Of, met andere woorden, heeft de basischemie nog wel toekomst in Nederland? De conclusie van de studie is dat de overgang naar meer kennisintensiteit niet kan worden uitgelegd als een simpele afstoot en beëindiging van de basischemie. Ook deze laatste wordt in bepaalde opzichten steeds kennisintensiever. Mede door een nieuwe impuls vanuit de techniek loopt de basischemie als geheel nog niet tegen het einde van haar levenscyclus. Een belangrijk probleem van de basischemie is haar grote conjunctuurgevoeligheid en sterke neiging tot cyclisch gedrag. Bij de specialties doen zich echter steeds meer ontwikkelingen voor die het voordeel ten opzichte van de basischemie verminderen. Het is niet meer zo dat het te verwachten bedrijfsresultaat - gelijk aan het potentiële resultaat vermenigvuldigd met de kans op dit resultaat - in de fijnchemie altijd hoger zal zijn dan in de basischemie. Verder wordt in de studie geconcludeerd dat ook een zorgvuldig milieubeheer niet meer automatisch dwingt tot een significante verschuiving richting fijnchemie.

- . De beschrijving van de basischemie geeft aan dat de algemene notie dat de Nederlandse economie ter behoud van wel-

vaart en werkgelegenheid zal moeten opschuiven naar meer kennisintensieve activiteiten genuanceerd moet worden geïnterpreteerd. Zo is de *technologiegevoeligheid* - de mate waarin produkt en produktiviteit op rendabele wijze kunnen worden verbeterd door gebruik te maken van nieuwe en bestaande technologieën - in traditioneel ogende sectoren soms verrassend hoog. Met dit gegeven dient de overheid, voor zover zij in haar beleid sectoraccenten legt, rekening te houden.

De innovatieve kracht van een bedrijf en een land wordt door vele factoren bepaald. Een daarvan is onderzoek en ontwikkeling (R&D). Deze factor wordt in de studie nader besproken. Geconstateerd wordt dat de Nederlandse chemische industrie, zowel nationaal als internationaal bezien, op R&D-gebied een vooraanstaande plaats inneemt. Op R&D-gebied zal door vele overheden worden gezocht naar 'matching' van de inspanning van overheden van concurrerende economieën. Voor zover de Nederlandse overheid dit volgt, zal zij niet moeten kijken naar enkele, vaak statistisch kwestieuze, technologie-indicatoren, maar naar het gehele nationale systeem van innovatie. De kracht van een klein open land moet vooral worden gezocht in een kwalitatief goede vervulling van de basiscondities voor vernieuwing. Een goed technologiebeleid, zo wordt in de studie geconstateerd, is steeds minder los te zien van andere beleidsvelden. Het gaat meer en meer om de dwarsverbanden. Overheden die zich in hun gehele beleid en in hun departementale structuur rekenschap weten te geven van deze verbanden, zullen een sterke uitgangspositie hebben bij het ondersteunen van innovatie.

- . De mate waarin de Nederlandse chemische industrie in staat zal zijn de technologische ontwikkeling te volgen en voor een deel zelf vorm te geven, hangt, zoals in de voorgaande tekst is gesteld, af van vele factoren. Factoren die deels buiten de invloedssfeer van de overheid liggen en, voor zover zij daar binnen liggen, deels buiten het eigenlijke technologiebeleid vallen. Bevordering van innovatie door de overheid is meer dan het voeren van een goed 'R&D-beleid'. Voor de chemische industrie is het van groot belang dat de overheid, binnen de grenzen die door andere doelen worden gesteld, met *al haar vormen van beleid* zorgt voor een innovatievriendelijk klimaat. Het gaat onder meer om gunstige fiscale en investeringsregelingen, goede regeling van eigendomsrechten bij innovatie, een innovatiestimulerend milieubeleid, de creatie van gunstige marktcondities (kwaliteit, beschikbaarheid en prijs van arbeid en kapitaal), goed onderwijs, een goede onderzoeksinfrastructuur en bijvoorbeeld ook om zaken als duidelijkheid, consistentie en voorspelbaarheid in het overheidsoptreden.

Een belangrijk element in de discussie is de keuze van veelbelovende strategische onderzoeksgebieden. In de studie wordt gesteld dat een scherpe keuze van accentgebieden wel lijkt te geven van een duidelijke visie,

maar ten koste gaat van aanpassingsvermogen. Mede door de toenemende vervlechting en analogieën tussen verschillende activiteiten is het bijzonder moeilijk aan te geven wat zeker niet moet worden gedaan. In feite gaat het steeds minder om een keuze van enkele disciplines of accentgebieden. Het gaat veel meer om een coherent en synergetisch systeem van activiteiten dat binnen een ruime marge verwachte en onverwachte toekomstige ontwikkelingen het hoofd kan bieden. De onmogelijkheid om al het benodigde chemische onderzoek zelf te doen dwingt tot internationale samenwerking. Hierover worden in de studie enkele opmerkingen gemaakt.

- . In het kader van de noodzaak tot *internationale samenwerking* is het van belang te constateren dat in de programma's van de Europese Commissie weinig plaats is ingeruimd voor strategisch chemisch onderzoek. Daar waar overheden bij de inrichting van de programma's een belangrijke rol spelen, kan een actieve opstelling van de Nederlandse overheid helpen hierin verandering te brengen. Voor een goed internationaal gericht beleid is het zinvol meer onderlinge afstemming in het internationale optreden van de verschillende overheidsdepartementen aan te brengen.

Internationale samenwerking zal alleen een hoog nationaal rendement hebben als vanuit een krachtige positie wordt samengewerkt. Voor een klein land als Nederland, waar de kracht van volume veelal afwezig is, zal deze positie op R&D-gebied vooral moeten worden gevonden in de kwaliteit van het eigen onderzoek, ook al zal de omvang daarvan op vele strategische gebieden beperkt zijn. Internationale samenwerking mag niet dienen als een dekmantel voor kwaliteit van de thuisbasis. In dit licht worden in de studie enkele opmerkingen over de kwaliteit van het universitaire onderzoek en onderwijs gemaakt. Diverse ontwikkelingen worden aangegeven waaruit blijkt dat deze kwaliteit vanuit verschillende richtingen onder neerwaartse druk staat.

- . Om de neerwaartse druk op het *universitaire chemische onderzoek en onderwijs* te keren, worden de volgende stappen in overweging gegeven:
 - gerichte verbetering van de materiële onderzoeks- en onderwijsomstandigheden (salarissen, apparatuur + ondersteunend personeel);
 - krachtiger stimulering van de tweede-fase opleiding;
 - meer verantwoordelijkheid en armslag voor onderzoekers en docenten;
 - professionalisering van de universitaire bestuursstructuur;
 - gedifferentieerde verlenging van de studieduur (afhankelijk van discipline);
 - afstandelijk overheidsbeleid vooral gericht op basisvoorwaarden voor kwaliteit, kristallisatie hiervan in beleidsvoorbereidende en -uitvoerende structuren.

Een belangrijke ontwikkeling in het onderzoek wordt genoemd de gang naar multidisciplinariteit. Aangegeven wordt dat een kwalitatief hoogstaande multidisciplinaire samenwerking niet kan zonder een diepgaande monodisciplinaire voeding. Bevordering van multidisciplinair strategisch onderzoek begint daarom, voor wat de ondersteuning door de overheid betreft, bij de universiteit.

De beschouwing over het onderwijs die in de studie wordt gegeven, wordt voorafgegaan door een beeld van veranderingen in de eisen die vanuit het bedrijfsleven worden gesteld. Deze worden zoveel mogelijk vertaald naar veranderingen in het onderwijs, hierbij rekening houdende met het feit dat het onderwijs ook andere doelen dient. Onderscheid wordt gemaakt tussen een kwantitatieve component (een tekort aan goede procestechnologen, werktuigbouwkundigen, polymeertechnologen) en een kwalitatieve component. Bij het voortgezette onderwijs wordt gewezen op het groeiende tekort aan goede 1e-graads leraren in een aantal bèta-vakken, waaronder scheikunde. De opleiding daarvan is vrijwel volledig stilgevallen. De opleiding van 2e-graads leraren geeft in kwalitatief opzicht onvoldoende vervanging.

Ten aanzien van het milieubeleid wordt opgemerkt dat de ernst van de problemen dwingt tot een hoge politieke en bedrijfsmatige prioriteit. Hierbij is het van belang zich niet te laten leiden door modieuze stromingen van welke aard ook, maar een maatschappelijk juist evenwicht te bewaren tussen verschillende doelen en prioriteiten.

- . Binnen de chemische industrie leeft de mening dat de overheid bij haar milieubeleid, gegeven de eigen doelstellingen van de overheid, niet altijd de juiste *praktische prioriteiten* kiest. De aandacht dient op evenwichtige wijze te worden verdeeld over industriële en niet-industriële vervuiling. Bij het stellen van de juiste technische prioriteiten, binnen de grenzen van de door de overheid zelf gekozen doelstellingen, zou de overheid meer gebruik kunnen maken van milieudeskundigheid in de industrie.

Een goed milieubeleid van de overheid heeft een communicatieve, een grensstellende en een voorwaardenscheppende component. De ervaring leert dat de effectiviteit van veel overheidsmaatregelen kan toenemen als deze in goede samenwerking met de betrokken partijen tot stand komen, mits deze samenwerking aan enkele essentiële voorwaarden voldoet. Deze worden genoemd. Verder wordt in de studie aandacht gegeven aan voorlichting, van en naar de bedrijven. In dit kader wordt gewezen op onbedoelde gevolgen van de regel- en wetgeving op milieugebied.

- . Milieumaatregelen kunnen, door de hoge complexiteit van de problematiek, leiden tot situaties die door de wet- en regelgever onbedoeld zijn. Met name lijken dergelijke situaties zich voor te doen in kleinere chemische bedrijven. Deze bedrijven missen bij de centrale overheid een gemakkelijk *aanspreekpunt* om over deze zaken te overleggen. Het is zinvol in het kader van het doelgroepenbeleid van de overheid hiervoor voorzieningen te treffen.

Technologische ontwikkeling is op vele gebieden een noodzakelijke voorwaarde om te komen tot een drastische vermindering van de milieuaantasting. In de studie wordt onderzocht in hoeverre het milieubeleid van de overheid de ontwikkeling van nieuwe technologieën bevordert.

- . Van het tot nu toe gevoerde overheidsbeleid gaat onvoldoende stimulans uit voor *technologische vernieuwingen op milieugebied*. Slechts een zeer gering deel van het totale overheids-R&D-budget is hierop gericht. Sommige overheidsmaatregelen zetten aan tot een foute technologiekeuze: teveel nadruk op schoonmaaktechnologie en te weinig op preventie. Om dit te verbeteren zijn, naast een goede verdeling van de geldstromen, onder meer nodig: realistische tijdplannen bij implementatie van milieunormen en nieuwe milieutechnieken, voorspelbaarheid van het overheidsoptreden en consistentie tussen de verschillende overheidsmaatregelen.

Internationalisering van milieunormen en -regels wordt door de internationaal opererende chemische industrie van groot belang geacht. Daar waar om dringende maatschappelijke redenen de Nederlandse overheid verder wil gaan dan landen met een concurrerende chemische industrie moet in samenspraak met de chemische industrie worden gezocht naar creatieve manieren om een te groot concurrentienadeel op de korte termijn te voorkomen.

Het milieu staat in het middelpunt van de belangstelling. Deze belangstelling moet niet alleen vertaald worden in doelstellingen, maar ook in werkbare structuren. Geconstateerd wordt dat deze structuren achterblijven bij het toenemende belang van de milieuproblematiek. In de studie worden enkele suggesties ter verbetering gedaan.

- . Het gevaar is groot dat het deskundigheidsgehalte van het overheidsoptreden op milieugebied ongelijke tred houdt met de groeiende complexiteit van de milieuproblemen. Dit kan onder meer tot gevolg hebben dat (ruimer bemeten) gelden voor milieumaatregelen suboptimaal worden besteed. Er bestaat behoefte aan een goed milieuonderzoeksinstituut dat op eigen gezag, waar nodig in internationaal verband, milieuproblemen onderzoekt of laat onderzoeken. Een dergelijk instituut zou tevens een belangrijke rol kunnen spelen in een adequate toedeling en controle op door de overheid ter beschikking gestelde milieugelden. Het is zinvol in het licht van het voorgaande de institutionele structuur in Nederland op milieugebied nader te bezien.
- . Veiligheid binnen en buiten het bedrijf is voor de chemische industrie van groot belang. Binnen de grote bedrijven wordt gewerkt aan een vermindering van de kans op calamiteiten. Een relatief zwakke schakel blijft het *transport van chemicaliën*. Internationale ervaring geeft aan dat een snelle afhandeling van problemen tijdens het transport vaak op belemmeringen stuit. Het is aan te bevelen voor de tijd van de

problemen de afhandeling in handen te leggen van een enkele instantie, met zeer goede communicatieve verbindingen met belanghebbende partijen. Een dergelijke, waar nodig internationale, instantie kan zich op haar taak specialiseren en waar gewenst anticiperend onderzoek laten verrichten.

De studie besluit met enkele opmerkingen over het beleid ten aanzien van energie en fysieke infrastructuur. Op energiegebied is het van belang dat de overheid de juiste (prijs)signalen geeft voor de overgang op een meer duurzame energievoorziening. Bij het transport doen zich voor de chemische industrie momenteel geen grote problemen voor. Waakzaamheid is echter geboden. Om de gebruikelijke congestieverschijnselen te verminderen is op een aantal plaatsen een andere vervoersmodaliteit nodig. Zonder deze verandering van aanpak is de kans groot dat het rendement van investeringen in de verschillende vervoersmodaliteiten in termen van oplossing van congestieverschijnselen relatief laag zal blijven.

De informatie-infrastructuur is om evidente redenen van cruciale betekenis. Goederenstromen gaan meer en meer gepaard met intense informatiestromen. Bedrijven krijgen vaak het karakter van een internationaal gespreid netwerk van vestigingen, met elkaar verbonden door informatienetwerken. Voor een deel hebben deze een privaat karakter. Er worden toenemende eisen gesteld aan de transportcapaciteit, de interconnectiviteit en de betrouwbaarheid van de diverse informatienetwerken. Van belang is dat de overheid op informatiegebied niet teveel achterblijft bij het bedrijfsleven. Gewezen wordt op enkele problemen die zich voordoen bij automatisering binnen de overheid.

Lijst van gesprekspartners

Bedrijfsleven

AKZO	dr.ir. M.A. van Damme-Van Weele dr. A.J.H. Nollet ir. W. Smit ing. H.P. van Tongeren ir. A.A.G. Verhulst ir. H.B. van Walré de Bordes
Cindu-Key & Kramer B.V.	A.C.M. Eijkenboom drs. P.W. Santen A. Staalstra
Dow Benelux N.V.	J.E. van den Braak M. Haks K.R. Post ir. J. Ravenstein ing. R. Ruules ir. A. Schepens dr.ir. H. Spaas
DSM N.V.	prof.dr.ir. P.M.E.M. van der Grinten
Gist-Brocades N.V.	ir. J.A. Roels
Hoechst Holland N.V.	ir. W.L. Blanken ir B. van Nederveen
Norit N.V.	ir. C. de Keizer ir. M.L.M. Vermin
PFW (Nederland) B.V.	ir. S. van den Bosch drs. G. Sipma ing. J.J. Bergeman
Willem van Rijn B.V.	
SHELL Internationale Research Maatschappij B.V.	dr. C.J. Kroese

Universiteit

UA'dam/ TU Delft	prof.dr. J. Moulijn
UA'dam	prof.dr. K. Vrieze
TU Delft	prof.dr.ir. H. van Bekkum
TU Eindhoven	prof.dr.ir. D. Thoenes
RU Leiden	prof.dr. R.A. Schilperoort
KU Nijmegen	prof.dr. E. de Boer prof.dr. C.W. Hilbers

Organisaties

TNO	dr. A.P.M. van der Veek
VNCI	ir. E.J. Vles

Rapporten aan de Regering

Eerste raadsperiode:

- 1 Europese Unie*
- 2 Structuur van de Nederlandse economie*
- 3 Energiebeleid
Gebundeld in één publikatie (1974)*
- 4 Milieubeleid (1974)*
- 5 Bevolkingsgroei (1974)*
- 6 De organisatie van het openbaar bestuur (1975)*
- 7 Buitenlandse invloeden op Nederland: Internationale migratie (1976)*
- 8 Buitenlandse invloeden op Nederland:
Beschikbaarheid van wetenschappelijke en technische kennis (1976)*
- 9 Commentaar op de Discussienota Sectorraden (1976)*
- 10 Commentaar op de nota Contouren van een toekomstig onderwijsbestel (1976)*
- 11 Overzicht externe adviesorganen van de centrale overheid (1976)*
- 12 Externe adviesorganen van de centrale overheid (1976)*
- 13 Maken wij er werk van?
Verkenningen omtrent de verhouding tussen actieven en niet-actieven (1977)*
- 14 Interne adviesorganen van de centrale overheid (1977)*
- 15 De komende vijftienving jaar – Een toekomstverkenning voor Nederland (1977)*
- 16 Over sociale ongelijkheid – Een beleidsgerichte probleemverkenning (1977)*

Tweede raadsperiode:

- 17 Etnische minderheden (1979)*
 - A. Rapport aan de Regering
 - B. Naar een algemeen etnisch minderhedenbeleid?
- 18 Plaats en toekomst van de Nederlandse industrie (1980)*
- 19 Beleidsgerichte toekomstverkenning
Deel I: Een poging tot uitlokking (1980)*
- 20 Democratie en geweld
Probleemanalyse naar aanleiding van de gebeurtenissen in Amsterdam op 30 april 1980*
- 21 Vernieuwingen in het arbeidsbestel (1981)*
- 22 Herwaardering van welzijnsbeleid (1982)*
- 23 Onder invloed van Duitsland
Een onderzoek naar gevoeligheid en kwetsbaarheid in de betrekkingen tussen Nederland en de Bondsrepubliek (1982)*
- 24 Samenhangend mediabeleid (1982)*

Derde raadsperiode:

- 25 Beleidsgerichte toekomstverkenning
Deel 2: Een verruiming van perspectief (1983)*
- 26 Waarborgen voor zekerheid
Een nieuw stelsel van sociale zekerheid in hoofdlijnen (1985)
- 27 Basisvorming in het onderwijs (1986)
- 28 De onvoltooide Europese integratie (1986)
- 29 Ruimte voor groei; kansen en bedreigingen voor de Nederlandse economie in de komende tien jaar (1987)
- 30 Op maat van het midden- en kleinbedrijf (1987)
Deel I: Rapport aan de Regering; Deel 2: Pre-adviezen
- 31 Cultuur zonder grenzen (1987)*
- 32 De financiering van de Europese Gemeenschap; een interimrapport (1987)
- 33 Activerend arbeidsmarktbeleid (1987)
- 34 Overheid en toekomstonderzoek; een inventarisatie (1988)

* Uitverkocht

Vierde raadsperiode:

- 35 Rechtshandhaving (1988)
- 36 Allochtonenbeleid (1989)
- 37 Van de stad en de rand (1990)
- 38 Een werkend perspectief;
Arbeidsparticipatie in de jaren '90 (1990)
- 39 Technologie en overheid (1991)

'Vorstudies en achtergronden'

Eerste raadsperiode:

- V 1 W.A.W. van Walstijn e.a.: Kansen op onderwijs; een literatuurstudie over ongelijkheid in het Nederlandse onderwijs (1975)*
- V 2 I.J. Schoonenboom en H.M. In 't Veld-Langeveld: De emancipatie van de vrouw (1976)*
- V 3 G.R. Mustert: Van dubbeltjes en kwartjes: een literatuurstudie over ongelijkheid in de Nederlandse inkomensverdeling (1976)*
- V 4 IVA/Instituut voor Sociaal-Wetenschappelijk Onderzoek van de Katholieke Hogeschool Tilburg: De verdeling en de waardering van arbeid; een studie over ongelijkheid in het arbeidsbestel (1976)*
- V 5 'Adviseren aan de overheid', met bijdragen van economische, juridische en politicologische bestuurskundigen (1977)*
- V 6 Verslag Eerste Raadsperiode: 1972-1977*

Tweede raadsperiode:

- V 7 J.J.C. Voorhoeve: Internationale macht en interne autonomie – Een verkenning van de Nederlandse situatie (1978)*
- V 8 W.M. de Jong: Techniek en wetenschap als basis voor industriële innovatie – Verslag van een reeks van interviews (1978)*
- V 9 R. Gerritse/Instituut voor Onderzoek van Overheidsuitgaven: De publieke sector: ontwikkeling en waardevorming – Een vooronderzoek (1979)*
- V 10 Vakgroep Planning en Beleid/Sociologisch Instituut Rijksuniversiteit Utrecht: Konsumptieverandering in maatschappelijk perspectief (1979)*
- V 11 R. Penninx: Naar een algemeen etnisch minderhedenbeleid? Opgenomen in rapport nr. 17 (1979)*
- V 12 De quartaire sector – Maatschappelijke behoeften en werkgelegenheid – Verslag van een werkconferentie (1979)*
- V 13 W. Driehuis en P.J. van den Noord: Productie, werkgelegenheid en sectorstructuur in Nederland 1960-1985 Modelstudie bij het rapport Plaats en toekomst van de Nederlandse industrie (1980)*
- V 14 S.K. Kuipers, J. Muysken, D.J. van den Berg en A.H. van Zon: Sectorstructuur en economische groei: een eenvoudig groeiemodel met zes sectoren van de Nederlandse economie in de periode na de tweede wereldoorlog. Modelstudie bij het rapport Plaats en toekomst van de Nederlandse industrie (1980)*
- V 15 F. Muller, P.J.J. Lesuis en N.M. Boxhoorn: Een multisectormodel voor de Nederlandse economie in 23 bedrijfstakken F. Muller: Veranderingen in de sectorstructuur van de Nederlandse industrie (1980)*
- V 16 A.B.T.M. van Schaik: Arbeidsplaatsen, bezettingsgraad en werkgelegenheid in dertien bedrijfstakken Modelstudie bij het rapport Plaats en toekomst van de Nederlandse Industrie (1980)*
- V 17 A.J. Basoski, A. Budd, A. Kalff, L.B.M. Mennes, F. Racké en J.C. Ramaer: Exportbeleid en sectorstructuurbeleid Pre-adviezen bij het rapport Plaats en toekomst van de Nederlandse Industrie (1980)*
- V 18 J.J. van Duijn, M.J. Ellman, C.A. de Feyter, C. Inja, H.W. de Jong, M.L. Mogendorff en P. VerLoren van Themaat: Sectorstructuurbeleid: mogelijkheden en beperkingen Pre-adviezen bij het rapport Plaats en toekomst van de Nederlandse industrie (1980)*
- V 19 C.P.A. Bartels: Regio's aan het werk: ontwikkelingen in de ruimtelijke spreiding van economische activiteiten in Nederland Studie bij het rapport Plaats en toekomst van de Nederlandse industrie (1980)*

* Uitverkocht

- V20 M.Th. Brouwer, W. Driehuis, K.A. Koekoek, J. Kol, L.B.M. Mennes, P.J. van den Noord, D. Sinke, K. Vijlbrief en J.C. van Ours: Raming van de finale bestedingen en enkele andere grootheden in Nederland in 1985
Technische nota's bij het rapport Plaats en toekomst van de Nederlandse industrie (1980)*
- V21 J.A.H. Bron: Arbeidsaanbod-projecties 1980-2000 (1980)*
- V22 P.Thoenes, R.J. In 't Veld, I.Th.M. Snellen, A. Faludi: Benaderingen van planning
Vier pre-adviezen over beleidsvorming in het openbaar bestuur (1980)*
- V23 Beleid en toekomst
Verslag van een symposium over het rapport Beleidsgerichte toekomstverkenning deel I (1981)*
- V24 L.J. van den Bosch, G. van Enckevort, Ria Jaarsma, D.B.P. Kallen, P.N. Karstanje, K.B. Koster: Educatie en welzijn
(1981)*
- V25 J.C. van Ours, D. Hamersma, G. Hupkes, P.H. Admiraal: Consumptiebeleid voor de werkgelegenheid
Pre-adviezen bij het rapport Vernieuwingen in het arbeidsbestel (1982)*
- V26 J.C. van Ours, C. Molenaar, J.A.M. Heijke: De wisselwerking tussen schaarsteverhoudingen en beloningsstructuur
Pre-adviezen bij het rapport Vernieuwingen in het arbeidsbestel (1982)*
- V27 A.A. van Duijn, W.H.C. Kerkhoff, L.U. de Sitter, Ch.J. De Wolff, F. Sturmans:
Kwaliteit van de arbeid
Pre-adviezen bij het rapport Vernieuwingen in het arbeidsbestel (1982)*
- V28 J.G. Lambooy, P.C.M. Huijsloot en R.E. van de Lustgraaf: Greep op de stad?
Een institutionele visie op stedelijke ontwikkeling en de beïnvloedbaarheid daarvan (1982)*
- V29 J.C. Hess, F. Wielenga: Duitsland in de Nederlandse pers – altijd een probleem?
Drie dagbladen over de Bondsrepubliek 1969-1980 (1982)*
- V30 C.W.A.M. van Paridon, E.K. Greup, A. Ketting: De handelsbetrekkingen tussen Nederland en de Bondsrepubliek
Duitsland (1982)*
- V31 W.A. Smit, G.W.M. Tiemessen, R. Geerts: Ahaus, Lingen en Kalkar; Duitse nucleaire installaties en de gevolgen voor
Nederland (1983)*
- V32 J.H. von Elje: Geldstromen en inkomensverdeling in de verzorgingsstaat (1982)*
- V33 Verslag van de tweede Raadsperiode 1978-1982*
- V34 P. den Hoed, W.G.M. Salet en H. van der Sluijs: Planning als onderneming (1983)*
- V35 H.F. Munneke e.a.: Organen en rechtspersonen rondom de centrale overheid (1983); 2 delen*
- V36 M.C. Brands, H.J.G. Beunders, H.H. Selier: Denkend aan Duitsland; Een essay over moderne Duitse geschiedenis en
enige hoofdstukken over de Nederlands-Duitse betrekkingen in de jaren zeventig (1983)*
- V37 L.G. Gerrichhauzen: Woningcorporaties; Een beleidsanalyse (1983)*
- V38 J. Kassies: Notities over een heroriëntatie van het kunstbeleid (1983)*
- V39 Leo Jansen: Sociocratische tendenties in West-Europa (1983)*

* Uitverkocht

'Voorstudies en achtergronden mediabeleid'

- M 1 J.M. de Meij: Overheid en uitingenvrijheid (1982)*
- M 2 E.H. Hollander: Kleinschalige massacommunicatie: lokale omroepvormen in West-Europa (1982)*
- M 3 L.J. Heinsman/NOS: De kulturele betekenis van de instroom van buitenlandse televisieprogramma's in Nederland – Een literatuurstudie (1982)*
- M 4 L.P.H. Schoonderwoerd, W.P. Knulst/Sociaal en Cultureel Planbureau: Mediagebruik bij verruiming van het aanbod (1982)*
- M 5 N. Boerma, J.J. van Cuilenburg, E. Diemer, J.J. Oostenbrink, J. van Putten: De omroep: wet en beleid; een juridisch-politologische evaluatie van de omroepwet (1982)*
- M 6 Intomart b.v.: Etherpiraten in Nederland (1982)*
- M 7 P.J. Kalf/Instituut voor Grafische Techniek TNO: Nieuwe technieken voor produktie en distributie van dagbladen en tijdschriften (1982)*
- M 8 J.J. van Cullenburg, D. McQuall: Media en pluriformiteit; Een beoordeling van de stand van zaken (1982)*
- M 9 K.J. Alsem, M.A. Boersma, G.J. van Helden, J.C. Hoekstra, P.S.H. Leeftang, H.H.M. Visser: De aanbodstructuur van de periodiek verschijnende pers in Nederland (1982)*
- M10 W.P. Knulst/Sociaal en Cultureel Planbureau: Mediabeleid en cultuurbeleid; Een studie over de samenhang tussen de twee beleidsvelden (1982)*
- M11 A.P. Bolle: Het gebruik van glasvezelkabel in lokale telecommunicatienetten (1982)*
- M12 P. te Nuyt: Structuur en ontwikkeling van vraag en aanbod op de markt voor televisieproducties (1982)*
- M13 P.J.M. Wilms/Instituut voor Onderzoek van Overheidsuitgaven: Horen, zien en betalen; Een inventariserende studie naar de toekomstige kosten en bekostiging van de omroep (1982)*
- M14 W.M. de Jong: Informatietechniek in beweging; consequenties en mogelijkheden voor Nederland (1982)*
- M15 J.C. van Ours: Mediaconsumptie; Een analyse van het verleden, een verkenning van de toekomst (1982)*
- M16 J.G. Stappers, A.D. Reijnders, W.A.J. Möller: De werking van massa-media; Een overzicht van inzichten (1983)*
- M17 F.J. Schrijver: De invoering van kabeltelevisie in Nederland (1983)*

* Uitverkocht

Derde raadsperiode:

- V40 G.J. van Driel, C. van Ravenzwaaij, J. Spronk en F.R. Veeneklaas: Grenzen en mogelijkheden van het economisch stelsel in Nederland (1983)*
- V41 Adviesorganen in de politieke besluitvorming. Symposiumverslag onder redactie van A.Th. van Delden en J. Kooiman (1983)*
- V42 E.W. van Luijk, R.J. de Bruijn: Vrijwilligerswerk tussen betaald en huishoudelijk werk; een verkennende studie op basis van een enquête (1984)
- V43 Planning en beleid; verslag van een symposium over de studie Planning als onderneming (1984)
- V44 W.J. van der Weijden, H. van der Wal, H.J. de Graaf, N.A. van Brussel, W.J. ter Keurs: Bouwstenen voor een geïntegreerde landbouw (1984)*
- V45 J.F. Vos, P. de Koning, S. Blom: Onderwijs op de tweesprong; over de inrichting van basisvorming in de eerste fase van het voortgezet onderwijs (1985)*
- V46 G. Meester, D. Strijker: Het Europese landbouwbeleid voorbij de scheidslijn van zelfvoorziening (1985)
- V47 J. Pelkmans: De interne EG-markt voor industriële producten (1985)
- V48 J.J. Feenstra, K.J.M. Mortelmans: Gedifferentieerde integratie en Gemeenschapsrecht: institutioneel- en materieel-rechtelijke aspecten (1985)
- V49 T.H.A. van der Voort, M. Beishuizen: Massamedia en basisvorming (1986)
- V50 C.A. Adriaansens, H. Priemus: Marges van volkshuisvestingsbeleid (1986)
- V51 E.F.L. Smeets, Th.J.N.N. Buis: Leraren over de eerste fase van het voortgezet onderwijs (1986)
- V52 J. Moonen: Toepassing van computersystemen in het onderwijs (1986)
- V53 A.L. Heinink (red.), H. Ridderisma, J. Braaksmas: Basisvorming in het buitenland (1986)*
- V54 Zelfstandige bestuursorganen; verslag van de studiedag op 12 november 1985 (1986)
- V55 Europese integratie in beweging; verslag van een conferentie, gehouden op 16 mei 1986 (1986)
- V56 C. de Klein, J. Collaris: Sociale ziektekostenverzekeringen in Europees perspectief (1987)
- V57 R.M.A. Jansweijer: Private leefvormen, publieke gevolgen; naar een overheidsbeleid met betrekking tot individualisering (1987)
- V58 De ongelijke verdeling van gezondheid; verslag van een conferentie gehouden op 16-17 maart 1987 (1987)
- V59 W.G.M. Salec: Ordening en sturing in het volkshuisvestingsbeleid (1987)
- V60 H.G. Eijgenhuijsen, J. Koelewijn, H. Visser: Investerings en de financiële infrastructuur (1987)
- V61 H. van der Sluijs: Ordening en sturing in de ouderenzorg (1988)
- V62 Verslag van de derde Raadsperiode 1983-1987*

* Uitverkocht

Vierde raadsperiode:

- V63 Milieu en groei; Verslag van een studiedag op 11 februari 1988 (1988)
- V64 De maatschappelijke gevolgen van erfelijkheidsonderzoek; Verslag van een conferentie op 16-17 juni 1988 (1988)
- V65 H.F.L. Garretsen, H. Raat: Gezondheid in de vier grote steden (1989)
- V66 P. de Grauwe e.a.: De Europese Monetaire Integratie: vier visies (1989)
- V67 Th. Roelandt, J. Veenman: Allochtonen van school naar werk (1990)
- V68 W.H. Leeuwenburgh, P. van den Eeden: Onderwijs in de vier grote steden (1990)
- V69 M.W. de Jong, P.A. de Ruijter (red.): Logistiek, infrastructuur en de grote stad (1990)
- V70 C.A. Bartels, E.J.J. Roos: Sociaal-economische vernieuwing in grootstedelijke gebieden (1990)
- V71 W.J. Dercksen (ed.): The Future of Industrial Relations in Europe; Proceedings of a conference in honour of prof. W. Albeda (1990)

'Voorstudies en achtergronden technologiebeleid'

- T1 W.M. de Jong: Perspectief in innovatie: de chemische industrie nader beschouwd (1991)
- T2 C.L.J. van der Meer, H. Rutten, N.A. Dijkveld Stol/ Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek/ Landbouw Economisch Instituut: Technologie in de landbouw: effecten in het verleden en beleidsoverwegingen voor de toekomst (1991)
- T3 F.H. Mischgofsky/ Grondmechanica Delft: Overheid en innovatiebevordering in de grond-, water- en wegenbouw-sector: een verkenning (1991)
- T4 F.M. Roschar (red.), H.L. Jonkers, P. Nijkamp: Meer dan transport alleen: 'veredeling' als overlevingsstrategie (1991)
- T5 B. Dankbaar, Th. van Dijk, L. Soete, B. Verspagen/ Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology: Technologie en wetenschapsbeleid in veranderende economische theorievorming (1991)
- T6 J.M. Roobeek, E. Broesterhuizen: Verschuivingen in het technologiebeleid: een internationale vergelijking vanuit de praktijk (1991)