

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid

W 30

**De economische effectiviteit van
technische ontwikkeling**

Een studie naar economische gevolgen
van de huidige technische ontwikkeling

W. M. de Jong

's-Gravenhage, juni 1988

Exemplaren van deze uitgave zijn te bestellen bij het
Distributiecentrum Overheidspublikaties, Postbus 20014,
2500 EA 's-Gravenhage, door overmaking van f 10,-- op
giro 751 dan wel schriftelijk of telefonisch (070-789880)
onder vermelding van titel en ISBN-nummer en het aantal
gewenste exemplaren.

ISBN: 90 346 1568 5

Publikatie van de Wetenschappelijke Raad voor het
Regeringsbeleid

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
2	DE TECHNISCHE ONTWIKKELING	5
2.1	<u>Informatietechniek</u>	6
2.1.1	Micro-elektronica en computersystemen	6
2.1.2	Automatisering	13
2.1.3	Nieuwe systemen voor overdracht van informatie	20
2.1.4	Nieuwe informatieprodukten en -diensten voor de consument	21
2.2	<u>Materietechniek</u>	30
2.2.1	Exploratie en winning van grondstoffen	30
2.2.2	Chemie	34
2.2.3	Nieuwe materialen	41
2.2.4	Biotechnologie	44
2.3	<u>Energietechniek</u>	48
2.3.1	Technieken die het aanbod van energie vergroten	48
2.3.2	Technieken die de vraag naar energie verkleinen	53
2.4	<u>Transporttechniek</u>	55
2.4.1	De auto	55
2.4.2	De trein	60
2.4.3	Het vliegtuig	62
2.4.4	Scheepvaart	65
2.4.5	Ruimtevaart	68
2.5	<u>Overige technieken</u>	72
2.5.1	Medische technieken	72
2.5.2	Voedseltechniek	77
3	ENKELE MACRO-ECONOMISCHE KANTTEKENINGEN BIJ DE TECHNISCHE ONTWIKKELING	81
3.1	<u>De economische effectiviteit van technische ontwikkeling in de periode 1955-1975</u>	82
3.1.1	De daling van de arbeidsproductiviteitsgroei	82
3.1.2	De vermindering van het radicale karakter van technische innovatie	87
3.1.3	De verschuiving naar procesinnovatie	89
3.1.4	Conclusie	91

3.2	<u>Technische ontwikkeling en economische stagnatie</u>	91
3.2.1	Mogelijke gevolgen van de eerder geconstateerde daling van economische effectiviteit	93
3.2.2	Verminderde groeidynamiek zonder verzadiging	96
3.3	<u>Enkele ontwikkelingen die van invloed zijn op de toekomstige groeibijdrage van de techniek</u>	98
3.3.1	De versnelling van het economische proces	98
3.3.2	De noodzaak van een toenemende innovatie-inspanning	101
3.3.3	Een voortgaande tendens tot procesinnovatie	105
3.3.4	De rol van nieuwe finale produkten en diensten	110
	REFERENTIES	117

De auteur, dr. W.M. de Jong, is fysicus en als wetenschappelijk medewerker werkzaam bij de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.

1. INLEIDING

Deze studie heeft een tweeledig doel: het geven van een recent overzicht van de belangrijkste technische ontwikkelingen en het plaatsen van enkele economische kanttekeningen bij deze ontwikkelingen. De breedte van het onderwerp impliceert dat op geen enkel onderdeel diep kan worden ingegaan. De opbrengst van deze studie moet dan ook, voor wat betreft de technische ontwikkeling, worden gevonden in de handzaamheid van het overzicht en, voor wat betreft het economische gedeelte, in het aanstippen van enkele onderwerpen die interessant zijn voor verder onderzoek.

Technische ontwikkeling is een van de belangrijkste bronnen van economische groei. Mede door de recente economische stagnatie die in vele landen is opgetreden, is de aandacht voor de bronnen van groei, en derhalve ook voor de technische ontwikkeling, sterk toegenomen. Een optimaal gebruik van nieuwe technieken wordt van groot belang geacht voor het handhaven of het verbeteren van relatieve economische posities en voor het veilig stellen van economische groei en werkgelegenheid op langere termijn. De ervaring dat economische groei geen ononderbroken proces behoeft te zijn, heeft tevens geleid tot een herleefde aandacht voor, al dan niet regelmatig optredende, fluctuaties in economische groei. Onderzoek en publikaties die in de economisch redelijk voorspoedige en "evenwichtige" jaren vijftig en zestig bijna waren vergeten, komen weer op de voorgrond. Gewezen kan onder meer worden op de hernieuwde belangstelling voor het werk van Schumpeter en voor het verschijnsel van de zogenaamde lange golf (1).

Grote fluctuaties in economische groei kunnen vele oorzaken hebben. Schumpeter legt een relatie met een onregelmatig verlopende technische ontwikkeling. De hypothesen van Schumpeter te dien aanzien zijn een geschikt uitgangspunt voor onderzoek, en worden ook in die zin door vele onderzoekers gebruikt. Er doen zich verschillende vragen voor. Wat was in het nabije verleden de bijdrage van de technische ontwikkeling aan macro-economische groei? Zijn er indicaties dat deze bijdrage de laatste decennia is gedaald? Heeft de technische ontwikkeling enige rol van betekenis gespeeld bij het ontstaan en het verloop van de recente economische stagnatie? Welke bijdrage zou de huidige technische ont-

wikkeling de komende decennia kunnen geven aan groei en herstel van (vrijwel) volledige werkgelegenheid?

Het spreekt voor zich dat dergelijke vragen zeer moeilijk te beantwoorden zijn. Er doen zich fundamentele meet- en interpretatieproblemen voor. Vele factoren spelen een rol; deze zijn vaak moeilijk van elkaar te scheiden. Er kan niet worden gesteund op een algemeen geaccepteerde macro-economische groeitheorie voor een economie in en uit evenwicht. Een dergelijke theorie bestaat niet. Een afdoende antwoord op de gestelde vragen zal in deze studie dan ook niet worden nagestreefd. Wel zal worden getracht enkele verschijnselen te noemen en te bespreken die in het kader van bovenstaande problematiek van belang zijn.

De studie begint met een overzicht van de technische ontwikkeling. Er wordt aandacht gegeven aan de vooruitgang op het gebied van informatietechniek, materietechniek (exploratie en winning van grondstoffen, chemie, nieuwe materialen, biotechnologie), energietechniek, transporttechniek, medische techniek en voedseltechniek. Met het gegeven overzicht van de techniek als achtergrond en als informatiebron, worden vervolgens in hoofdstuk 3 enkele opmerkingen gemaakt over de economische bijdrage van de technische ontwikkeling en over de knelpunten die zich daarbij voordoen.

Hoofdstuk 2

DE TECHNISCHE ONTWIKKELING

2. DE TECHNISCHE ONTWIKKELING

In de volgende paragrafen wordt een overzicht gegeven van de technische ontwikkeling zoals die zich nu voordoet of zoals die zich in de nabije toekomst hoogstwaarschijnlijk voor zal doen.

De volgende onderwerpen passeren de revue:

Informatietechniek

- Micro-elektronica en computersystemen
- Automatisering
- Nieuwe systemen voor overdracht van informatie
- Nieuwe informatiediensten en -produkten

Materietechniek

- Exploratie en winning van grondstoffen
- Chemie
- Nieuwe materialen
- Biotechnologie

Energietechniek

- Technieken die het aanbod van energie vergroten
- Technieken die de vraag naar energie verkleinen

Transporttechniek

- De auto
- De trein
- Het vliegtuig
- Scheepvaart
- Ruimtevaart

Overige technieken

- Medische techniek
- Voedseltechniek

2.1 Informatietechniek

2.1.1 Micro-elektronica en computersystemen

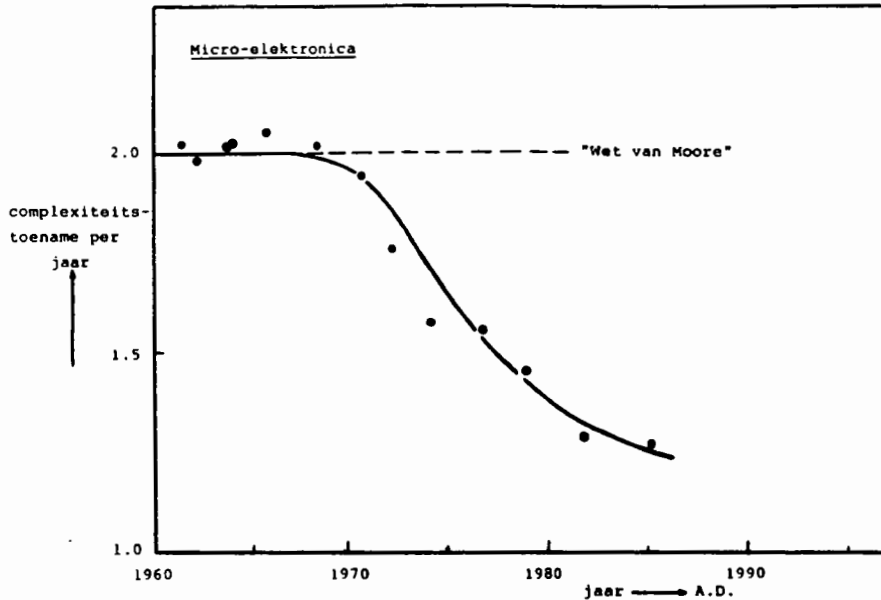
Aan de basis van veel ontwikkelingen op informatiegebied ligt de steeds verdergaande miniaturisering van elektronische componenten. Door deze miniaturisering wordt het mogelijk een groot aantal componenten, zoals de transistor, op een zelfde plakje substraat - de chip - te integreren. Integratie heeft, onder meer door eliminatie van lange en kwetsbare doorverbindingen, geleid tot snelle werking, relatief hoge betrouwbaarheid, minder grote afmetingen, minder energieverbruik en uiteindelijk tot een sterke daling van de kosten per elektronische basisfunctie. Deze ontwikkeling zal zich de komende jaren ongetwijfeld voortzetten.

Een belangrijke, zij het wel wat grove, indicator voor de technische ontwikkeling op het gebied van micro-elektronica is de toename van het aantal actieve elementen dat op een chip kan worden geïntegreerd. Dit aantal wordt wel aangeduid met complexiteit. Om de aldus gedefinieerde complexiteit te doen toenemen, wordt vooral langs drie wegen gewerkt: verbeterde definitie waardoor elektronische componenten kleiner kunnen worden, vergroting van het chip-oppervlak door verbeterde kristalgroeimethodes en verbeterde lay-out technieken waardoor het chip-oppervlak zo goed mogelijk kan worden gebruikt. De komende jaren zullen miniaturisering en integratie niet op onoverkomelijke fysieke grenzen stuiten. Wel is te verwachten dat de groei van de complexiteit lager zal zijn dan in het verleden. Reeds enige tijd geleden heeft zich een daling van deze groei ingezet. Dit wordt zichtbaar gemaakt in figuur 2.1.

In de figuur is te zien dat de snelheid waarmee integratie voortschrijdt, is teruggevallen van een factor 2 per jaar (de "Wet van Moore") naar een factor 2 per 3 jaar in 1985 (factor 1,26 per jaar). Een complexiteitstoename die overigens nog zeer aanzienlijk is.

Figuur 2.1 De complexiteitstoename bij micro-elektronica

- De groei van het maximale aantal actieve elementen dat op een commercieel beschikbare chip kan worden geïntegreerd

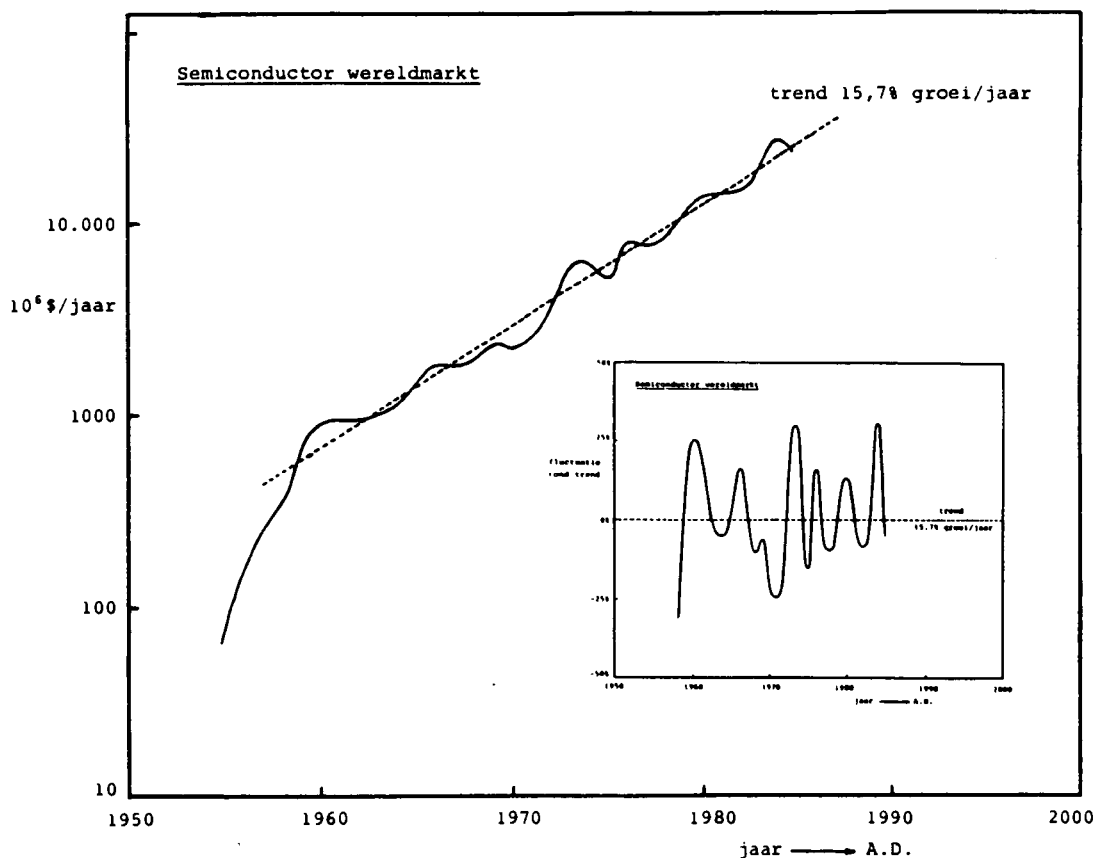


Bron: WRR, gebaseerd op gegevens uit verschillende bron

De kostendaling per elektronische basisfunctie vertoont nog geen noemenswaardige afvlakking, zij gaat gemiddeld genomen onverminderd voort met ongeveer 40% per jaar. De prijsdaling is niet alleen het gevolg van technische ontwikkeling en schaafeffecten, maar ook van een hevige concurrentie bij vele soorten geïntegreerde circuits. De wereldmarkt voor semiconductoren (waarvan micro-elektronica een groot deel uitmaakt) vertoont een sterk cyclisch karakter, gesuperponeerd op een forse groeicurve van bijna 16% per jaar. Fluctuaties tot bijna 50% komen voor, met periodes van 4 en 11 jaar. Het cyclische gedrag hangt samen met technische produktieproblemen en traagheden, voorraadvorming zowel bij producent als afnemer en wisselvalligheden in de markt (bijv. tegenvallende computerverkopen en daarmee een verminderde vraag naar bepaalde soorten halfgeleiders). Genoemde fluctuaties blijven niet zonder gevolgen. Tezamen met de zeer hoge ontwikkelkosten en de multidisciplinaire inspanning die nodig is voor verdere ontwikkeling, zorgen zij er voor dat bijna uitsluitend bedrijven van internationale

allure zich staande kunnen houden. Er is dan ook, voor zover het de technische basisontwikkelingen betreft, sprake van een sterke concentratie. De overige bedrijven schuiven op naar gespecialiseerde markt-niches of naar activiteiten verderop in de produktieketen. De ontwikkeling van de wereldmarkt van halfgeleiders wordt weergegeven in figuur 2.2.

Figuur 2.2 De wereldmarkt voor halfgeleiders, waaronder micro-elektronica



Bron: compilatie WRR

Gegeven de trendmatige kostendaling van 40% per jaar voor elektronische basisfuncties, betekenen bovenvermelde markt cijfers dat per jaar het aantal verkochte elektronische basisfuncties gemiddeld genomen met $1,157/0,60 = 1,93$, ofwel met bijna een factor 2 per jaar, toeneemt.

De ontwikkelingen op computergebied lopen min of meer parallel aan die van micro-elektronica. Computersystemen worden krachtiger en, bij gegeven verwerkingscapaciteit, goedkoper en fysiek kleiner. Er zijn vele soorten computers, variërende van de eenvoudige huiscomputer tot de zeer snelle supercomputers voor speciale toepassingen. De grenzen tussen de verschillende systemen worden, onder meer door de technische ontwikkeling, steeds vager en zijn onderhevig aan voortdurende verschuiving. De systemen worden functioneel soortgelijk en beconcurreren elkaar steeds meer. Sommige micro-computers zijn dermate verbeterd dat zij te vergelijken zijn met grote computersystemen van een tiental jaren geleden. Daarom wordt ook wel gesproken van micro-mainframes.

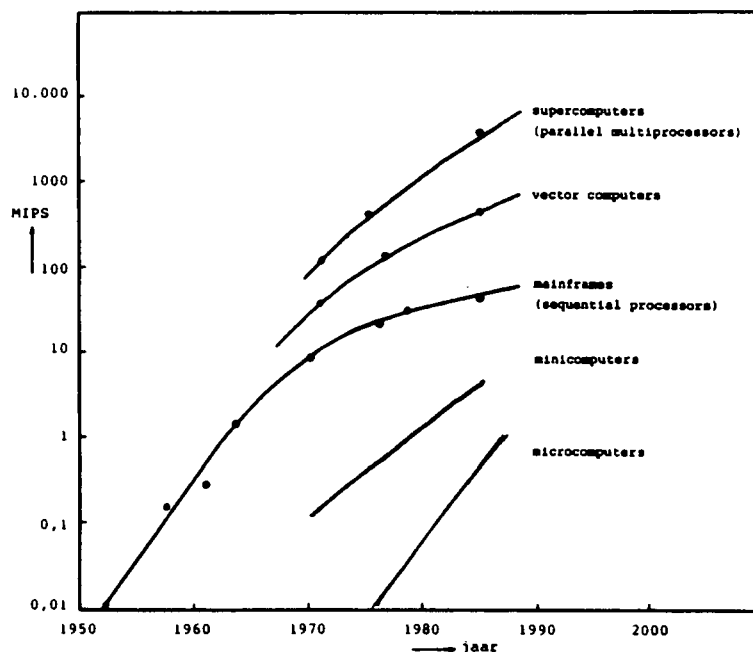
Een zeer globale onderverdeling van computersystemen wordt hieronder gegeven. Gekeken is naar kosten, capaciteit (in miljoen instructies per seconde) en woordlengte (in bits, een ruwe indicaties voor de complexiteit van de problemen die de desbetreffende computer aankan).

	<u>kosten</u>	<u>Capaciteit</u>	<u>Woordlengte</u>	
<u>microcomputers</u>	huiscomputers	400 - 2000	tot 0,1	8
	personal computers	2000 - 60.000	0,1 - 4	16 - 32
<u>minicomputers</u>	60.000 - 2 mln.	0,5 - 10	16 - 32	
<u>mainframes</u>	1 mln. - 30 mln.	5 - 50	32 - 64	
<u>supercomputers</u> (special purpose)	0,5mln. - 100 mln.	100 - 7000	32 - 128	
	(f)	(MIPS)	(bit)	

Bij supercomputers gaat het vaak om het zeer snel verrichten van relatief eenvoudige numerieke handelingen ("number crunching"). Veel aandacht, in literatuur en in onderzoek, wordt gegeven aan de zogenaamde 5e-generatie computer. Het gaat daarbij om een komende generatie van krachtige computersystemen gebaseerd op het werken met symbolen die op een veel hoger abstractieniveau liggen dan tot nu toe gebruikelijk is.

Evenals bij micro-elektronische bouwstenen vertoont ook de technische verbetering van computersystemen per systeem een zekere afvlakking, hetgeen vooral geldt voor de mainframe-systemen. Bij kleinere systemen is dit veel minder uitgesproken, zodat sprake is van convergentie. De afvlakking wordt zichtbaar gemaakt in onderstaande figuur.

Figuur 2.3 Toenemende capaciteit van verschillende computersystemen



Bron: R. Turn, Information Processing, North Holland Publ.Co., 1974, met enkele aanvullingen

De prestatie van computersystemen hangt niet alleen af van de hardware, maar is ook programma- en algoritmespecifiek. De laatste jaren is duidelijk geworden dat een verdere verbetering van computersystemen vooral zal moeten worden gevonden op software- en architectuurgebied. De grenzen van computers gebaseerd op een enkele processor zijn genaderd. De introductie van nieuwe en snellere halfgeleider-materialen zoals GaAs (of van supergeleidende schakelementen) alleen zal hieraan niet veel kunnen veranderen. Een voortgaande verbetering moet vooral komen van "parallel processing", waarbij vele identieke subsystemen in onderlinge

afstemming gelijktijdig aan het werk zijn. De behoefte hieraan neemt toe omdat vele nieuwe toepassingen van computersystemen (bijv. bij moderne vormen van automatisering) zeer veel handelingen vereisen die gelijktijdig met of sneller dan het te besturen proces moeten worden uitgevoerd. Dit geldt voor complexe maar soms ook voor ogenschijnlijk "eenvoudige" toepassingen. Om de verschillende verwerkingseenheden binnen een computersysteem parallel te laten werken, dienen algoritmes en structuren te worden ontwikkeld die met een minimum aan instructies om parallel te kunnen werken een zinnig maximum aan parallelliteit en verwerkingssnelheid weten te bereiken. Dit blijkt geen eenvoudige zaak te zijn.

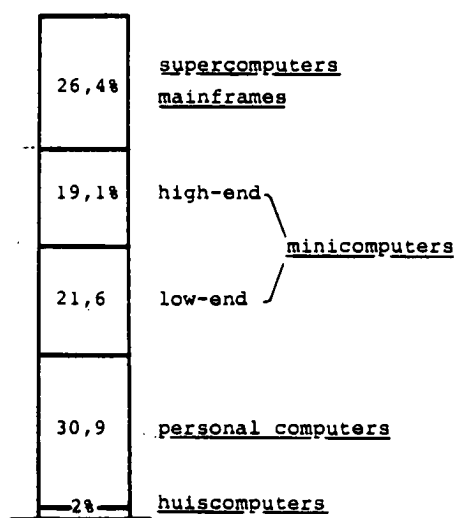
Ten aanzien van software zijn nog enkele aparte opmerkingen zinvol. Zoals gesteld wordt in veel gevallen software bij verdere vooruitgang steeds belangrijker. Naarmate nu software complexer wordt, des te moeilijker het over het algemeen wordt om correcte software te ontwikkelen en te behouden. Ongeveer 70% van de kosten op softwaregebied wordt nu al besteed aan het foutloos maken ("debugging"), wijzigen en aanpassen van software. De kosten van het testen van software nemen zo sterk toe dat zij de kosten van het schrijven ervan in steeds meer gevallen zeer ver te boven gaan. Bij sommige toepassingen wordt zelfs reeds gesproken van een verhouding van 10 à 100 : 1. De betrouwbaarheid van software wordt, naarmate computersystemen oprukken naar complexere en meer gevoelige omgevingen, in toenemende mate een probleem. Het ontwikkelen van goede software was al duur, maar wordt in die omstandigheden, voor zover geen sprake is van standaardactiviteiten, zeer veel duurder. Wel is het zo dat de produktiviteit van het maken van programma's toeneemt. In sommige gevallen kan het schrijven van het programma zelfs al voor een deel worden geautomatiseerd. Deze produktiviteitsstijging houdt echter in de meeste gevallen geen gelijke tred met de toenemende complexiteit van de programma's. Een complexiteit die voor het openbreken van vele nieuwe toepassingen zonder meer noodzakelijk is.

Tot slot een enkele opmerking over de markt van computersystemen. De marktontwikkeling is ook hier grillig. Grote en kleine bedrijven oscilleren tussen spectaculaire

successen en dramatische moeilijkheden en debâcles. Door de hoge ontwikkelkosten en de zeer zware concurrentie is de toekomst van veel bedrijven in toenemende mate afhankelijk van een klein aantal, of zelfs een enkel, produkt. Een veel voorkomende tendens tot het verkeerd inschatten van de markt leidt tot aanzienlijke verschuivingen tussen producenten.

In 1984 was de wereldomzet van de computerindustrie \$ 53 miljard. De verdeling over de verschillende computersystemen was in 1983:

Figuur 2.4 De omzet van de computerindustrie in 1983 (wereld), onderverdeeld naar soort computersysteem



Bron: WRR, gebaseerd op verschillende gegevens

De markt voor computersystemen is geconcentreerd. In de pc's en de mainframes is IBM vooralsnog de marktleider en standaardzetter. De verwachting is dat de komende jaren er bij een aantal systemen een "shake out" zal plaatsvinden en het aantal computerproducenten zal teruglopen. De markt voor huiscomputers en eenvoudige pc's is zeer grillig. Er is sprake van sterke concurrentie, de markt voor de eenvoudige computer blijkt snel overvoerd. Computergebruik concentreert zich (vooralsnog) vooral op zakelijke en wetenschappelijke toepassingen.

2.1.2 Automatisering

De technische mogelijkheden voor automatisering zijn, onder meer door de in paragraaf 2.1.1 geschetste basisontwikkelingen, aanzienlijk toegenomen. Automatisering rukt op naar meer complexe omgevingen waar vroeger automatisering technisch niet mogelijk of economisch niet zinvol was. Er kunnen verschillende vormen van automatisering worden onderscheiden:

- administratieve automatisering
- kantoorautomatisering
- industriële automatisering

Het onderscheid tussen deze drie vormen is niet altijd scherp en uiteraard enigszins arbitrair.

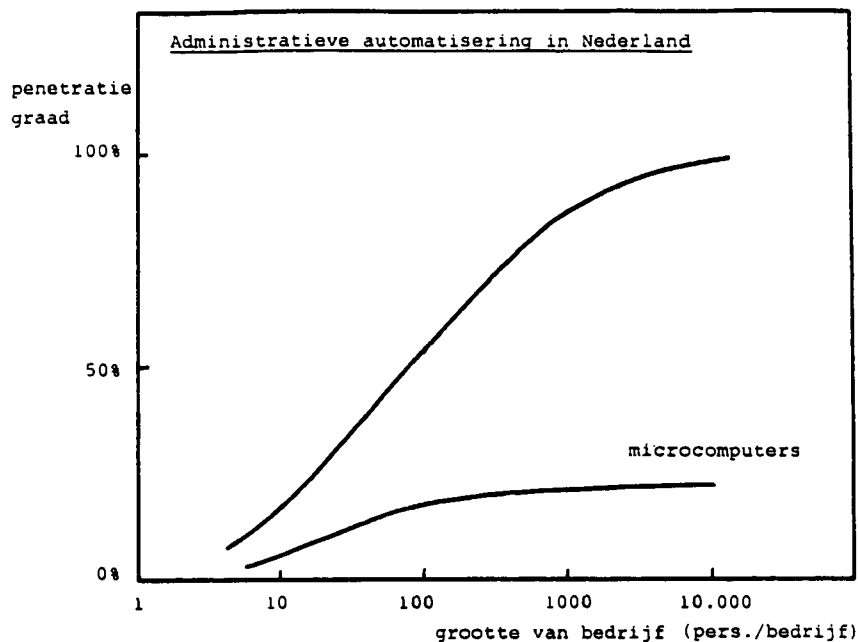
Administratieve automatisering omvat automatisering van boekhoudingen, salarisadministraties, voorraadbeheer, facturering en dergelijke. Er kunnen, afhankelijk van omvang en aard van de te verrichten activiteiten, verschillende soorten computersystemen worden ingezet, variërende van grote mainframes tot micro-computers voor zakelijk gebruik. In grote bedrijven is automatisering van de administratie ver voortgeschreden, veelal door middel van grote centrale computersystemen. Het wordt nu meer en meer mogelijk dezelfde activiteiten te verrichten met de sterk verbeterde mini- en micro-computers.

Een indruk van de penetratie van administratieve automatisering in Nederland wordt gegeven in figuur 2.5. In deze figuur worden tevens enkele toepassingen genoemd. Het gaat hier slechts om een momentopname: de situatie is sterk aan verandering onderhevig.

Bij administratieve automatisering gaat het vaak om automatisering op onderdelen. De volgende stap is automatisering van de informatie-uitwisseling tussen verschillende onderdelen. Een dergelijke geïntegreerde aanpak wordt, voor zover het administratieve of nauw verwante activiteiten betreft, wel aangeduid met kantoorautomatisering.

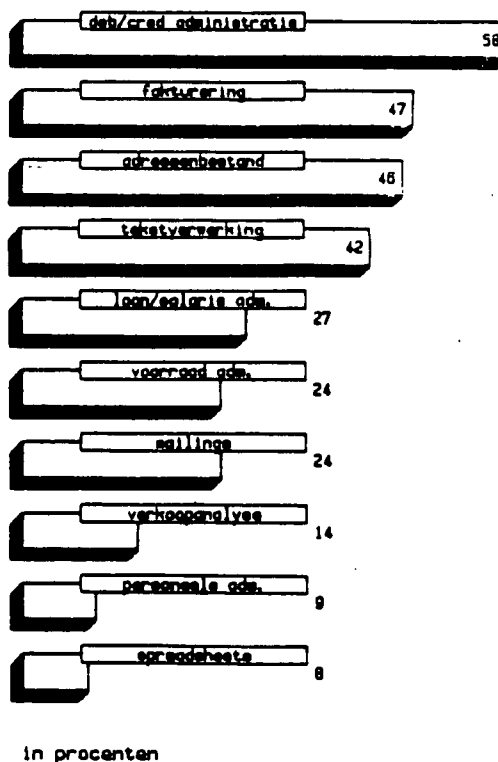
Kantoorautomatisering loopt om verschillende redenen nog niet snel. Zo is de koppeling van apparatuur van verschillend fabrikaat en/of van verschillende generatie in het algemeen proble-

Figuur 2.5(a) Administratieve automatisering in de particuliere sector in Nederland, 1983



Bron: Automatiseringsenquête CBS 83/84

Figuur 2.5(b) Administratieve toepassingen van microcomputers in 1984 in het Nederlandse bedrijfsleven



Bron: Onderzoek Microlyse 1985

matig. Verder is kantoorautomatisering veel meer dan een, toch al moeilijke, technische koppeling van verschillende onderdelen. Interne en externe informatie-uitwisseling vraagt meestal ook enige intelligente bewerking onderweg. Uiteindelijk is er meer behoefte aan systemen die informatie selecteren, restaureren, ordenen en reduceren dan aan systemen die informatie ongewijzigd rondzenden. Een dergelijke intelligente bewerking impliceert veelal de introductie van zogenaamde kennissystemen. Zoals later nader zal worden aangegeven, is de ontwikkeling en inpassing daarvan geen eenvoudige zaak. Op korte termijn moet daarom van kantoorautomatisering in directe produktiviteitstermen geen wonderen worden verwacht. De potentie voor produktiviteitsgroei is echter aanzienlijk. Dit verklaart onder meer de grote inspanning die door vele bedrijven op dit gebied wordt geleverd.

Bij industriële automatisering gaat het om automatisering van de technische produktie. Een centrale ontwikkeling is hier de verschuiving van starre automatisering en mechanisering naar programmeerbare automatisering. Deze verschuiving leidt tot een belangrijke verdere stroomlijning van produktieprocessen. In potentie kan voorraadvorming tot een minimum beperkt blijven, kan de procesapparatuur optimaler worden gebruikt, worden nieuwe bewerkingsvormen mogelijk, kan worden bespaard op materiaal en energie, kan de flexibiliteit van het produktieproces worden opgevoerd en is het mogelijk de kwaliteit van de afgeleverde produkten beter te beheersen. Het gaat hierbij niet alleen om programmeerbare produktie- en produktiebesturingsapparatuur. Ook een produktontwerp waarbij de produceerbaarheid een belangrijke overweging is, speelt vaak een belangrijke rol.

In de industrie werkt over het geheel genomen het merendeel van de werknemers in processen die een afgeleide zijn van het eigenlijke produktieproces, te weten ontwerp, produktieplanning, orderafhandeling, financiële administratie, voorraadbeheer, onderhoud en serviceverlening. Voor een wezenlijke verbetering van de arbeidsproduktiviteit zal automatisering zich ook tot die activiteiten moeten uitstrekken.

De ontwikkeling van goede interface-systemen (zoals sensoren en mens-machine interfaces) zijn voor industriële automatisering van cruciaal belang. Het is vooral op dit vlak dat zich de concurrentie tussen mens en machine afspeelt. De mens is in een aantal processen nog steeds nodig vanwege zijn uitstekende perceptieve kwaliteiten en groot aanpassingsvermogen. Het verdringen van de mens gaat hier slechts langzaam, en levert tegen een aanzienlijke technische investering economisch vaak weinig op.

In grote continue processen is automatisering vrij ver doorgevoerd. De komst van nieuwe computersystemen alleen zal daar, althans in de directe produktiesfeer, in verhouding weinig meer kunnen opleveren. Wel kan soms nog een aanzienlijke winst worden behaald door integratie van verschillende processen. Ook is door "finetuning" een verdere energie- en materiaalbesparing mogelijk. De onbekendheid met het werkelijke verloop van ingewikkelde irreversibele dynamische processen vormt in enkele gevallen een struikelblok voor verdere automatisering.

Bij batch-produktie is automatisering om technische en economische redenen veel minder ver opgerukt. Alleen waar de series voldoende groot zijn, of waar het om batch-produktie met hoge precisie gaat of waar de risico's voor de mens te groot zijn, is voor zover technisch mogelijk geautomatiseerd. Nieuwe vormen van programmeerbare automatisering kunnen in deze situatie verandering brengen. Batch-produktie kan ondermeer flexibeler worden gemaakt, waardoor aan kleine series in principe de economische voordelen van grote series kunnen worden gegeven.

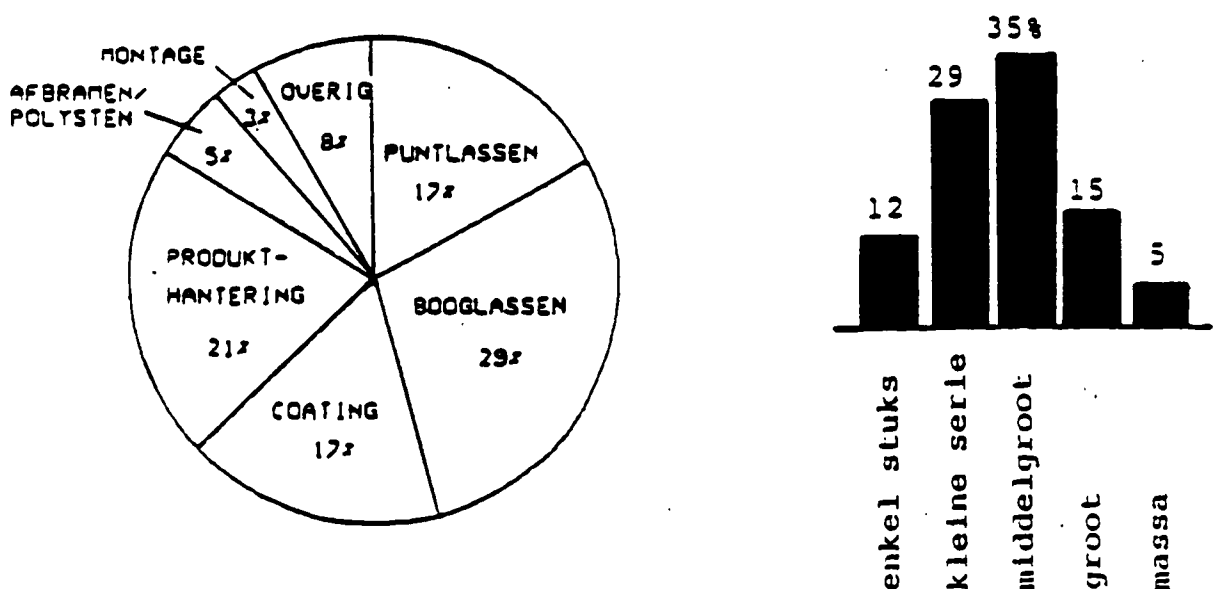
Een veelbesproken ontwikkeling bij industriële automatisering betreft CAD/CAM (Computer Aided Design en Computer Aided Manufacturing). Met behulp van CAD/CAM-technieken wordt het mogelijk produktieprocessen en produkten reeds in de ontwerpfase te simuleren, uit te proberen en te testen. CAD/CAM wordt reeds lang in de vliegtuigindustrie en in de (micro-)elektronica-industrie gebruikt. Door de vooruitgang op computergebied heeft men relatief goedkope CAD/CAM-systemen kunnen ontwikkelen die ook in andere sectoren van de economie met voordeel kunnen worden gebruikt. Zoals bij zoveel moderne vormen van automatisering blijkt CAD/CAM in een organisatie zeer ingrijpend te zijn. De beïnvloeding van de organisatie beperkt zich niet tot de ontwerp- en voorbereidingsfase.

De introductie van deze systemen verloopt daarom soms moeizaam. Een zinvol gebruik ervan vereist een goede onderlinge afstemming van de verschillende bedrijfsactiviteiten.

Over het geheel genomen kan worden gesteld dat, ondanks de reeds verrichte inspanning en de reeds behaalde resultaten, CAD/CAM-technieken voor vele toepassingen nog in de kinderschoenen staan.

Een andere ontwikkeling die apart mag worden genoemd, betreft de robotica. Een industriële robot is een programmeerbare manipulator die in vele assen, binnen zekere grenzen, vrij kan bewegen. De robot is technisch het vervolg op "numerical control" (NC) en "direct numerical control" (DNC)-machines die reeds enige tijd in industriële omgeving worden toegepast. Alhoewel sommige publikaties anders doen vermoeden, is de robot slechts een van de vele automatiseringsvormen, zij het geen onbelangrijke. Er zijn verschillende soorten robots: voor het hanteren van producten en onderdelen, voor procesvoering (zoals lassen, spuiten, verspanen) en voor assemblage. In figuur 2.6 wordt, voor 1984, een overzicht gegeven van de verschillende toepassingen van robots in Nederland, zowel naar activiteit als naar seriegrootte. Uit de figuur blijkt dat robots vooral worden gebruikt voor de productie van middelgrote series, hetgeen in de lijn der verwachting ligt.

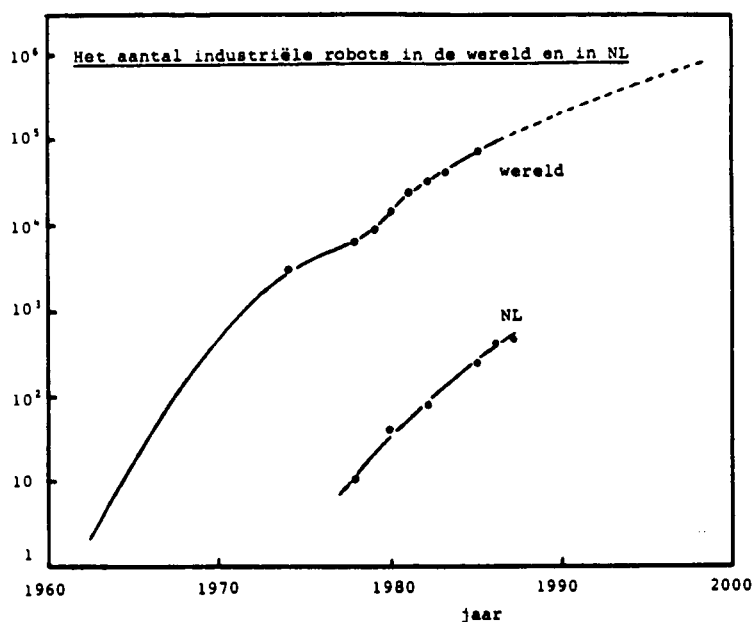
Figuur 2.6 De toepassing van industriële robots in Nederland, naar activiteit en seriegrootte, anno 1984



Bron: A.A. Vermeulen, Flexibele produktie-automatisering: het gebruik van industriële robots, Informatie, april 1985, 407-414

Het totale aantal robots in de wereld en in Nederland wordt weergegeven op figuur 2.7.

Figuur 2.7 Het aantal industriële robots in de wereld en in Nederland, als functie van de tijd



Bron: compilatie WRR

Robots worden op dit moment vooral afzonderlijk ("stand alone") toegepast. Produktiviteitsverbeteringen zullen vooral worden behaald als deze "eilanden" beter worden geïntegreerd in de rest van het produktiesysteem. Hiertoe dienen de robots veelal sneller en adaptiever te worden gemaakt.

De wereldmarkt van robots bedraagt momenteel ruwweg 3% van de wereldproduktie van industriële gereedschappen, en is in dat opzicht dus nog marginaal (2). Het aandeel is echter groeiende.

Interessante ontwikkelingen vinden plaats op het gebied van de zogenaamde kennissystemen (kunstmatige intelligentie, expertsystemen). De huidige kennissystemen zijn geschikt voor zeer smalle kennis- en redeneerdomeinen. Zij vinden vooral hun toepassing in industriële en zakelijke omgeving. Reeds eerder is gesteld dat op informatiegebied niet alleen behoefte bestaat aan systemen die grotere informatiestromen toelaten, maar vooral ook aan systemen die informatie kunnen selecteren, reduceren en herstellen. Zo is in de industrie onder meer behoefte aan "intelligente" knooppunten die afzonderlijk informatie behandelen en zonodig reduceren voordat zij het centrale besturingssysteem ingaat.

Bij banken heeft men voor overboeking van geld bijvoorbeeld behoefte aan systemen die spellingsfouten en andere onvolkomenheden automatisch herstellen. Dergelijke, ogenschijnlijk eenvoudige, handelingen zijn zeer complex omdat er vaak een zeker "begrip" en "gezond verstand" voor nodig is. Zaken die zeer moeilijk te formaliseren zijn.

De ontwikkelingen op het gebied van de kennissystemen gaan traag, men loopt tegen problemen op die veel groter zijn dan men in eerste instantie verwachtte. Ten aanzien van de huidige kennissystemen kan ten positieve worden opgemerkt dat enkele systemen op nauwe toepassingsgebieden met succes worden gebruikt en dat het toepassingsgebied steeds groter wordt. Ten negatieve moet echter worden geconstateerd dat het merendeel van de huidige systemen niet wordt gebruikt, dat veel gebruikers teleurgesteld zijn (zeer domme systemen), dat de systemen bij gebruik veel complexer zijn dan werd verwacht (men moet expert zijn om er mee te kunnen werken), dat de systemen slechts werken binnen zeer nauwe en scherpe grenzen (de menselijke expert is hier zeer ver in het voordeel) en dat, tot slot, onderhoud en bijstelling van het kennis- en redeneerbestand zeer moeilijk is. Voor de ontwikkeling van goede kennissystemen is voor vele toepassingen nog een lange weg te gaan.

Tot slot een enkele opmerking over flexibele productieautomatisering (FPA). Bij flexibele automatisering gaat het in de meeste gevallen om automatisering en integratie van verschillende produktiefasen. FPA is dus over het algemeen veel meer dan het installeren van enkele, wellicht op zich zeer flexibele, robots. Onderscheid kan worden gemaakt tussen interne flexibiliteit en externe flexibiliteit. Bij interne flexibiliteit gaat het om adaptief reageren op wisselende omstandigheden binnen het bedrijf, ter vermindering van wachttijden en voor een optimaler gebruik van de produktiefactoren. Bij externe flexibiliteit gaat het om het adaptief reageren op wisselende omstandigheden buiten het bedrijf. Gedacht kan worden aan marktfluctuaties en levertijdoverschrijding door toeleveranciers. Door de introductie van programmeerbare vormen van automatisering nemen de technische mogelijkheden voor flexibilisering in beginsel sterk toe. Toch vallen ook hier de resultaten in de praktijk tot nu toe vaak tegen. Evenals bij robots zijn de mogelijkheden in potentie groot, maar, doordat vooralsnog voornamelijk op onderdelen wordt gewerkt, nog niet gerealiseerd. Om de

technische mogelijkheden voor flexibilisering volledig te benutten, dient vaak een totale herbezinning op en heroriëntatie van het bedrijf plaats te vinden. Ook hier geldt dat een bedrijf niet flexibeler is dan de meest inflexibele produktieschakel.

Flexibiliteit betekent onder meer veelzijdigheid, omschakelbaarheid en overdimensionering. Er is bij flexibilisering bijna per definitie sprake van een zekere "onderbezetting" van de mogelijkheden. Aanpassingsvermogen gaat meestal ten koste van een maximale economische aanpassing aan momentane marktomstandigheden. Dit betekent dat in een sterk en stabiel expanderende economie sommige vormen van externe flexibiliteit veel minder belangrijk zijn en veelal ook niet zullen worden nagestreefd.

Het geheel overziende, kan worden geconstateerd dat de flexibiliteit van vroegere, veelal ambachtelijk geörienteerde, produktieprocessen over het algemeen aanzienlijk was. Zij is in sterke mate verminderd door de opkomst van massafabricage en van vërgaande specialisatie. Mede door de introductie van moderne automatiseringsvormen neemt zij op sommige gebieden weer schoorvoetend toe met behoud van enkele economische voordelen van massafabricage.

2.1.3 Nieuwe systemen voor overdracht van informatie

Op het gebied van overdracht van informatie vinden zeer belangrijke ontwikkelingen plaats. De volgende algemene ontwikkelingen kunnen worden onderscheiden:

- de afstand valt als beperkende factor bij informatie-uitwisseling steeds meer weg. Er is bij gegeven afstand en gegeven hoeveelheid over te brengen informatie over het algemeen een daling van de kosten;
- het informatie-overdrachtssysteem wordt breedbandiger, per tijdseenheid kan meer informatie worden overgezonden;
- er is sprake van grensvervaging tussen en integratie van verschillende netten en diensten;
- er treedt een convergentie op tussen computer- en communicatie techniek. Digitalisering maakt het mogelijk transmissiewegen beter te gebruiken, de kwaliteit en de flexibiliteit te verhogen en nieuwe diensten te verlenen. Het informatie-overdrachtssysteem krijgt een zekere mate van "intelligentie".

Bovengenoemde veranderingen op het gebied van overdracht van informatie worden gedragen door ontwikkelingen op het gebied van hardware (micro-elektronica, computersystemen, geheugens, satellieten en glasvezels), software en netwerkstructuren. Aangezien de meeste van deze zaken ook elders in de studie aan bod komen, is een verdere bespreking hier niet nodig.

Over de economische kant van de zaak is nog een enkele opmerking op zijn plaats. De telecommunicatiemarkt kan, voor zover het produktie en afzet van telecommunicatie-apparaatuur betreft, als volgt worden gekarakteriseerd:

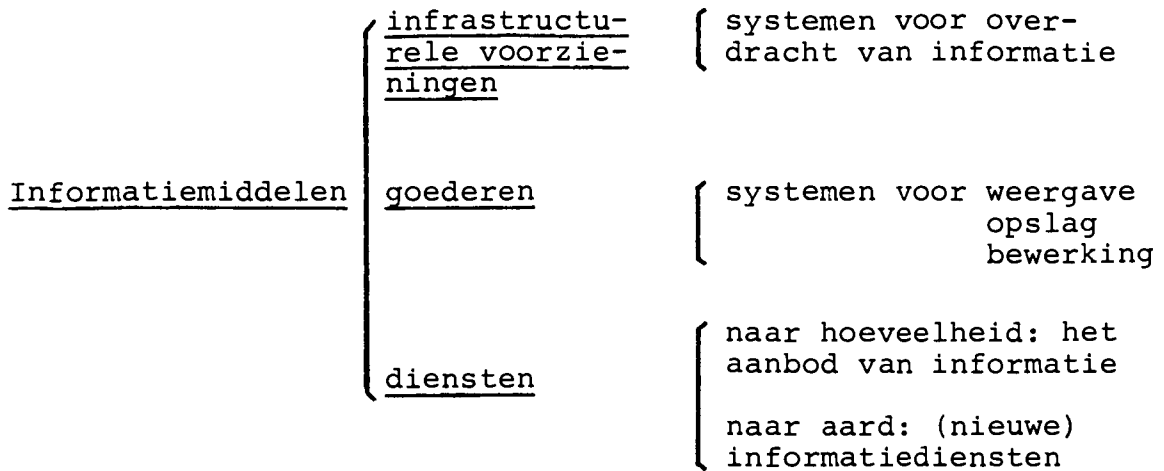
- zeer sterke concurrentie;
- zeer hoge ontwikkelkosten (de ontwikkeling van een digitale telefooncentrale kost bijvoorbeeld enkele miljarden guldens);
- sterke concurrentie, internationale consortiumvorming en onderlinge toelevering tussen bedrijven;
- sterk gereguleerde en afgeschermdde markten.

De potentiële winsten zijn aanzienlijk, de risico's idem dito. Dit betekent dat de slag om de telecommunicatiemarkt hevig is en zal zijn, dat producenten die moeten opereren op politiek en economisch versnipperde markten in bepaalde opzichten sterk in het nadeel zijn en dat, als de ontwikkeling zich onveranderd voortzet, hoogstwaarschijnlijk slechts enkele bedrijven c.q. consortia de hoge ontwikkel-, produktie- en introductiekosten op redelijke termijn zullen terugverdienen.

2.1.4 Nieuwe informatieprodukten en -diensten voor de consument

Het gebied van informatieprodukten en -diensten voor de consument is zeer breed. Een beschrijving wordt gecompliceerd door het feit dat op een aantal gebieden, onder invloed van de technische ontwikkeling, de scheidingen tussen verschillende produkten en verschillende diensten steeds meer wegvallen. De techniek leidt ook hier tot een zekere grensvervaging.

Voor een korte bespreking zullen de informatie-middelen voor de consument als volgt worden onderverdeeld:



De ontwikkelingen op het gebied van de systemen van overdracht van informatie zijn reeds in paragraaf 2.1.3 aangestipt. De technische ontwikkelingen kunnen worden samengevat door: meer capaciteit en kwaliteit en, vooral voor de grote afstanden, minder kosten per eenheid overgebrachte informatie. Bij deze ontwikkelingen kunnen twee kanttekeningen worden geplaatst. Ten eerste betekent een dalende kostprijs voor overdracht niet dat de prijs voor de geleverde dienst aan de consument ook altijd noemenswaardig daalt. Ten tweede betekent een drastisch toenemende capaciteit niet dat de systemen voor overdracht de komende decennia geen enkele economische of technische grens meer zullen stellen aan informatietransport. Een enkel voorbeeld kan het laatste punt verduidelijken. Voor dienstverlening in de sfeer van telecommunicatie zijn (onder meer) de volgende technische zaken van belang: transportcapaciteit, schakelcapaciteit en retourcapaciteit van het desbetreffende netwerk. De situatie van dit moment en van de eerstvolgende jaren is dat breedbandige netten voor openbaar en consumptief gebruik een lage schakel- en retourcapaciteit hebben, terwijl netten met een hoge schakel- en retourcapaciteit smalbandig zijn. Een voorbeeld van breedbandige netten is het TV-kabelnet dat een hoge distributieve transportcapaciteit tot in de huiskamer biedt. De schakel- en retourcapaciteit van de huidige TV-kabelnetten is echter nihil. Een voorbeeld van smalbandige netten is het telefoonnet dat, voor zover het de abonneeverbindingen betreft, een lage transportcapaciteit heeft. De schakel- en retourcapaciteit

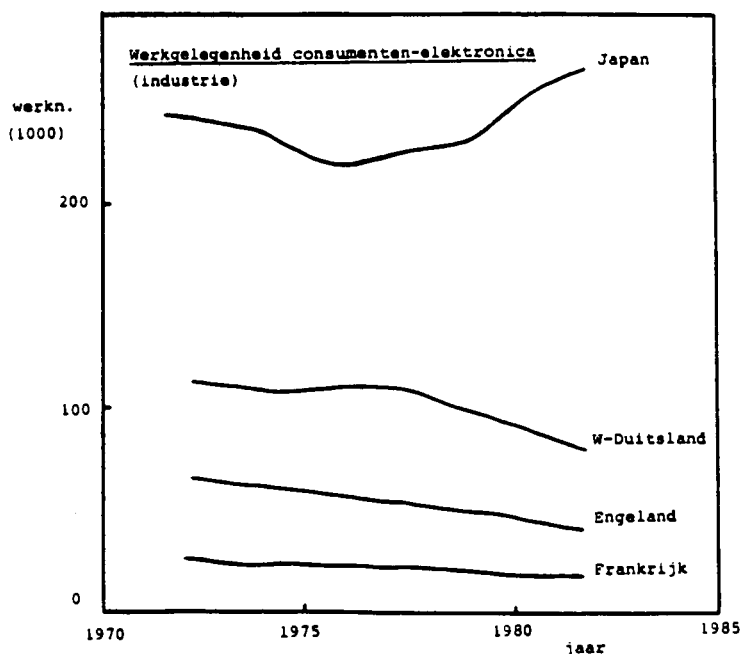
is echter, althans relatief, groot. Deze tweedeling zal ook de komende jaren een technische, economische en institutionele beperking opleggen aan de introductie van sommige nieuwe informatiediensten. Afdoende oplossingen zijn duur en komen, om verschillende redenen, slechts traag tot stand.

De technische ontwikkeling zal, globaal gesproken, aan consumentengoederen op informatiegebied steeds meer de volgende eigenschappen kunnen geven:

- programmeerbaar;
- op afstand bedienbaar;
- met geheugen;
- draagbaar;
- veiligheidsindicaties;
- kleiner;
- minder energieverbruikend;
- geïntegreerd in andere systemen.

Alvorens verder te gaan met een meer gedetailleerde bespreking van de diverse ontwikkelingen, is het in het kader van deze studie zinnig even stil te staan bij de werkgelegenheid die gepaard gaat met de productie van consumentenelektronica.

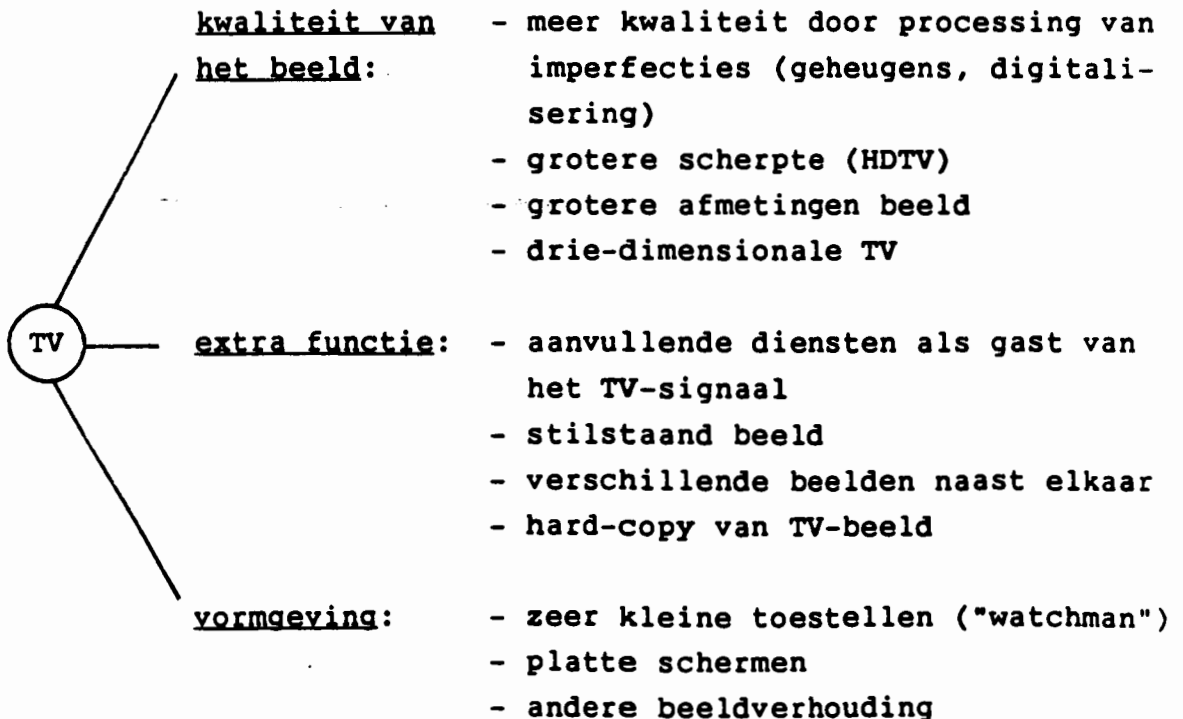
Figuur 2.8 De werkgelegenheid in de industrie voor consumenten-elektronica, in een viertal landen



Bron: H.C. Coote, Consumer electronics: employment, production and trade, WEP 2-36/WP 22, International Labour Office, 1983

Er is, in zijn totaliteit, sprake van een stabilisatie in werkgelegenheidstermen. Zelfs in Japan waar, voor een groot deel ten koste van andere landen, de produktie aanzienlijk is toegenomen (met ongeveer 6% in constante prijzen per jaar), is de werkgelegenheid nauwelijks gestegen. Nieuwe produkten op het gebied van de consumentenelektronica zouden dit beeld kunnen veranderen. Tot nu toe is daarvan echter, in direkte werkgelegenheid, weinig te merken.

Bij goederen waarbij de functie van weergave van informatie een centrale rol speelt, kan worden gedacht aan TV-toestellen, audio-apparatuur en verschillende apparaten die tekst op papier produceren. Voor al deze apparaten gelden eerdergenoemde algemene ontwikkelingen. Door introductie van micro-elektronica en andere bouwstenen worden zij programmeerbaar, krijgen geheugen en een zekere mate van "intelligentie". Er is een trend naar digitalisering waardoor onder meer een aanzienlijke kwaliteitsverbetering kan worden verkregen. Bij de televisie - een produkt dat een centrale rol speelt bij de informatie-overdracht naar consumenten - zijn nog een aantal specifieke ontwikkelingen van belang. Deze worden hieronder samengevat.



Niet alle genoemde vernieuwingen zijn technisch voldoende ver om op de markt te worden gebracht. Bij introductie en markt-penetratie spelen uiteraard ook economische factoren een cruciale rol. Voor de geschetste extra voorzieningen of verbeteringen moet veelal een aanzienlijke technische en economische prestatie worden geleverd, hetgeen zich doet voelen in de prijs. Die is in veel gevallen (nog) te hoog voor een snelle en massale marktpenetratie.

Registratiemiddelen (geheugens) zijn voor de overdracht van informatie van groot belang. Niet alleen maken zij tijd-verschuiving tussen aanbod en afname van informatie mogelijk, ook kunnen verschillen in overdrachtssnelheid worden gecompenseerd. Hierdoor worden in principe nieuwe vormen van dienstverlening mogelijk. De technische ontwikkeling op het gebied van opslag van informatie gaat snel. Voor wat het gebruik in huiselijke omgeving betreft, worden hieronder enkele ontwikkelingen aangestipt.

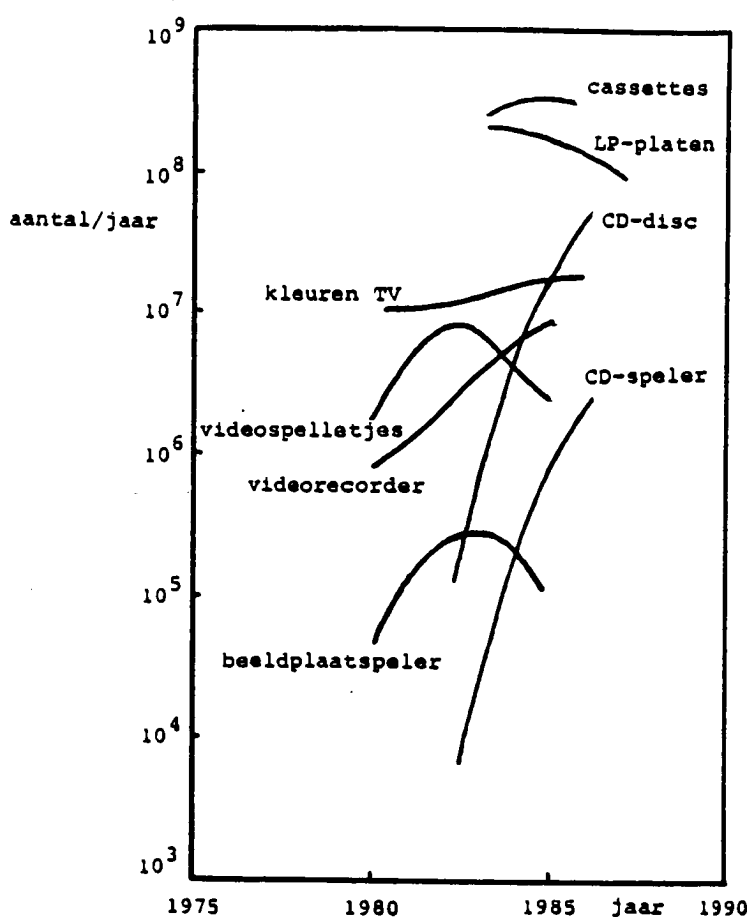
	<u>opnemen/afspelen</u>	<u>alleen afspelen</u>
<u>bewegend beeld</u>	videorecorder camcorder	beeldplaat compact disc
<u>geluid</u>	video hifi digitalisering DAT (Digitale Audio Taperecorder)	compact disc
<u>tekst/stilstaand beeld</u>	div. printers div. solid-state geheugens filmloos fototoestel	compact disc solid-state ROMs

Systemen als de videorecorder en de CD-speler laten, vooral in aantallen, een zeer sterke groei zien. Een belangrijke factor hierbij is de relatief sterk dalende prijs, hetgeen onder meer het gevolg is van een intense concurrentie. Deze concurrentie leidt er overigens toe dat de economische marges op, anderszins "ideale", consumentenprodukten vaak gering zijn.

De beeldplaat heeft, afgezien van enkele zakelijke toepassingen, nog geen noemenswaardige ingang gevonden. Dit heeft ongetwijfeld te maken met concurrentie van de videorecorder die zich op vrijwel dezelfde functie richt en daarbij, vooral voor toepassingen in huiselijke omgeving, nog enkele voordelen heeft.

In figuur 2.9 worden voor een aantal informatiegoederen voor de consument enkele marktgegevens gepresenteerd.

Figuur 2.9 De markt voor informatiegoederen in de Verenigde Staten, in aantallen per jaar



Bron: compilatie WRR

In het voorgaande zijn vooral systemen en goederen besproken die informatie in principe ongewijzigd distribueren, opslaan en weergeven. De huidige techniek geeft ook zeer interessante mogelijkheden voor systemen waarbij het bewerken van en het interactief werken met informatie centraal staat. Gedacht kan

bijvoorbeeld worden aan huiscomputers, vertaalmachines en lees-apparatuur voor blinden waarbij tekst direkt in gesproken woord of in braille wordt omgezet. Bij de huiscomputer is een eerste bevlieging omgeslagen in een behoedzamere benadering door de consument. Het zoeken is naar toepassingen die de gemiddelde consument aanspreken. De kleine computer voor huiselijke omgeving wordt nu vooral voor spelletjes en als "intelligente" typemachine gebruikt. Apparaten als vertaalmachines en hulpmiddelen voor gehandicapten zouden in een zeer duidelijke behoefte voorzien. Dergelijke apparatuur is echter over het algemeen technisch nog onvolmaakt en in rudimentaire vorm nog zeer duur.

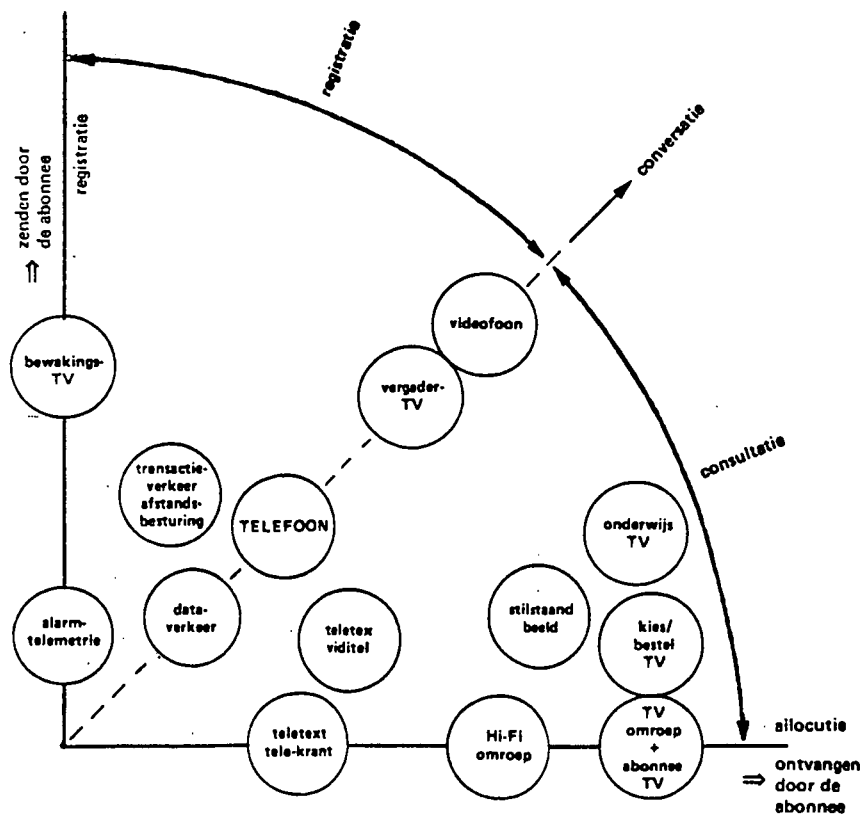
Zoals reeds eerder gesteld, biedt de huidige technische ontwikkeling vele mogelijkheden voor nieuwe dienstverlening op informatiegebied. Het aanbod van informatie zal toenemen. De mogelijkheden voor transport van breedbandsignalen over grote afstand zijn en worden sterk verruimd. Door de aanwezigheid van TV-kabelnetten kunnen zij veelal, voor zover het distributieve overdracht betreft, tegen geringe kosten worden benut. Het aanbod van TV-programma's is de laatste jaren toegenomen en zal nog verder toenemen. Een belangrijke ontwikkeling betreft de opkomst van interactieve (tele-)informatiediensten. Vele papieren diensten krijgen een elektronisch alternatief. Steeds meer transacties en handelingen kunnen elektronisch en op afstand worden afgedaan. De reden voor introductie van nieuwe tele-informatiediensten is niet alleen technisch maar ook economisch. De abonneeverbindingen van de meeste telecommunicatienetten worden slechts voor een fractie van de tijd gebruikt. Een groter gebruik zou aanzienlijke economische voordelen kunnen opleveren. Van de reeds lang bestaande telecommunicatiediensten hoeft niet veel verandering meer te worden verwacht. De kijktijd bij televisie blijkt zeer ongevoelig te zijn voor aanbodvergroting. Telefonie - economisch een van de meest belangrijke informatiediensten - vertoont tekenen van een verminderde groeidynamiek. De groei van de penetratie neemt in de meeste ontwikkelde landen sterk af. Het aantal telefoongesprekken per aansluiting is sinds 1930 nauwelijks toegenomen, of in een aantal landen zelfs afgenomen (3). De groei van het totale aantal telefoongesprekken was vooral een penetratiekwestie.

Nieuwe tele-informatiediensten kunnen op verschillende wijzen worden ingedeeld. Bordewijk maakt een indeling die vooral gebaseerd is op de wijze waarop de informatiestromen lopen (4).

- allocutie : alleen informatie van zender naar abonnee
- consultatie: tweezijdig, meer informatie naar abonnee
- registratie: tweezijdig, meer informatie van abonnee
- conversatie: tweezijdig, gelijke informatiestromen heen/terug

Een overzicht van tele-informatiediensten wordt gegeven in figuur 2.10.

Figuur 2.10 Enkele tele-informatiediensten, uitgezet naar bandbreedte en interactiviteit



Bron: C de Jong, De ingenieur en de informatietechniek, De ingenieur, april 1986, 73-83

De meeste tele-informatiediensten hebben duidelijk een "technology push" karakter. De consument reageert, enkele uitzonderingen daargelaten (zoals Minitel in Frankrijk), over het algemeen traag. Voor vele nieuwe diensten is, althans in de huidige vorm tegen de huidige kosten, geen duidelijk aantoonbare behoefte. De verhouding tussen prestatie en kosten is veelal nog te laag om een grootscheepse penetratie uit zichzelf tot stand te laten komen.

Tot slot, voor de volledigheid, nog een korte opmerking. In deze paragraaf is aandacht gegeven aan systemen, diensten en goederen waarbij overdracht, opslag, bewerking en presentatie van informatie centraal staan. Er zijn echter ook andere systemen en goederen voor de consument die sterk kunnen worden verbeterd door de inbreng van informatietechnieken ("signal processing"). Het gaat daarbij niet om informatiegoederen in eigenlijke zin. Gedacht kan onder meer worden aan wasmachines, naaimachines, temperatuurregelingen, speelgoed en dergelijke. Te verwachten is dat informatietechnieken ook daar zullen oprukken, vele goederen programmeerbaar zullen maken en een uitbreiding zullen geven van de mogelijkheden.

2.2 Materietechniek

Bij industriële productie staat chemische en fysieke omvorming van materie centraal. In deze paragraaf zal aandacht worden gegeven aan de belangrijkste technische ontwikkelingen op het gebied van de materie. De volgende onderwerpen worden achtereenvolgens besproken: exploratie en winning van grondstoffen, chemie, nieuwe materialen en biotechnologie.

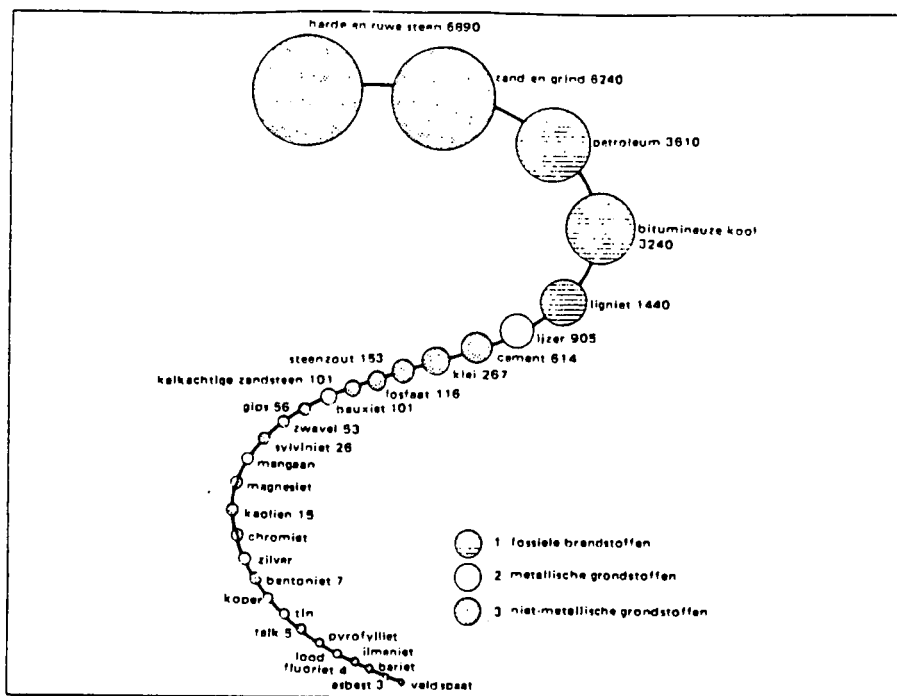
2.2.1 Exploratie en winning van grondstoffen

De technische ontwikkeling op het gebied van exploratie van grondstoffen kan als volgt worden samengevat:

- verbeterde methoden voor data-acquisitie
 - remote-sensing met sterk toegenomen oplossend vermogen (satelliet, vliegtuig)
 - verbeterde seismische methoden
 - geavanceerde interpretatietechnieken met computerondersteuning
 - integratie van geofysische, geochemische en geologische inzichten
- verschuiving naar marginale velden en bronnen
 - dieper in aardkorst, dieper water, hogere breedtegraden afgelegen gebieden
 - armere voorkomens (geringer percentage grondstof)
 - alternatieve voorkomens (olieschalies, teerzanden)
- verbeterde logistieke ondersteuning
 - betere communicatiemiddelen
 - computerondersteuning

Naast exploratie, ontwikkelen ook de technieken voor het winnen van grondstoffen zich steeds verder. Alvorens op de winning in te gaan, wordt in figuur 2.11 allereerst een algemene indruk gegeven van het relatieve belang (in termen van per jaar geproduceerde gewichtshoeveelheden) van een aantal grondstoffen.

Figuur 2.11 De huidige jaarlijkse wereldproductie van enkele belangrijke grondstoffen (in miljoen ton per jaar)



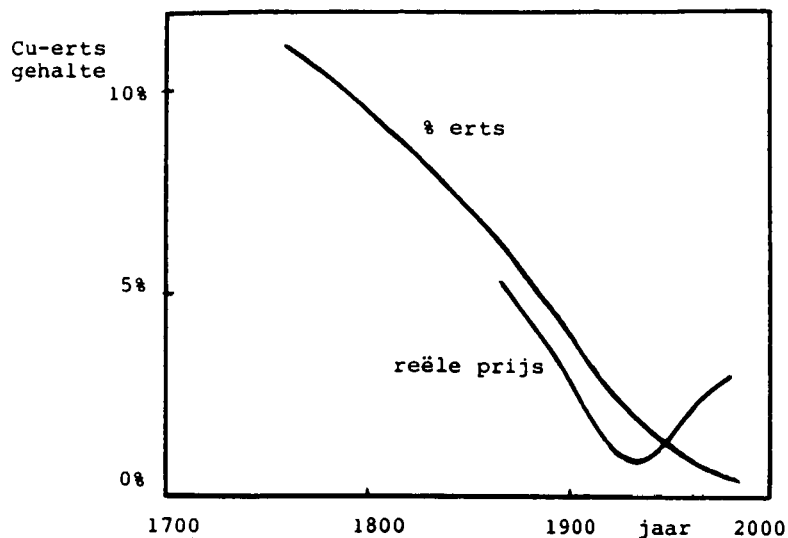
Bron: B.P. Hageman, Aardwetenschappen in de branding, De Ingenieur, juni 1985, 38-41

De technische ontwikkeling op het gebied van winning van grondstoffen concentreert zich op de volgende zaken:

- verbetering van conventionele winningsmethoden
- exploitatie van minder rijke en moeilijker toegankelijke bronnen
- secundaire en tertiaire winning
- recirculatie

Momenteel, dat wil zeggen bij de huidige grondstofprijzen, zijn vooral de eerste twee ontwikkelingen van belang. Door een veelheid van maatregelen is het in de loop der jaren gelukt de meer conventionele winningsmethoden zo te verbeteren dat relatief zeer arme voorkomens op economisch rendabele wijze kunnen worden benut. Een enkel voorbeeld van deze ontwikkeling wordt gegeven in figuur 2.12.

Figuur 2.12 De ontwikkeling in prijs en ertsgehalte voor nieuw gewonnen koper



Bron: World mineral supplies: assessment and perspective,
Ed. G.J.S. Gorette en M.H. Gorette, Elsevier Publ.Co.,
Amsterdam, 1976, 52.

Bovengeschetste ontwikkeling naar armere voorkomens zet zich verder voort.

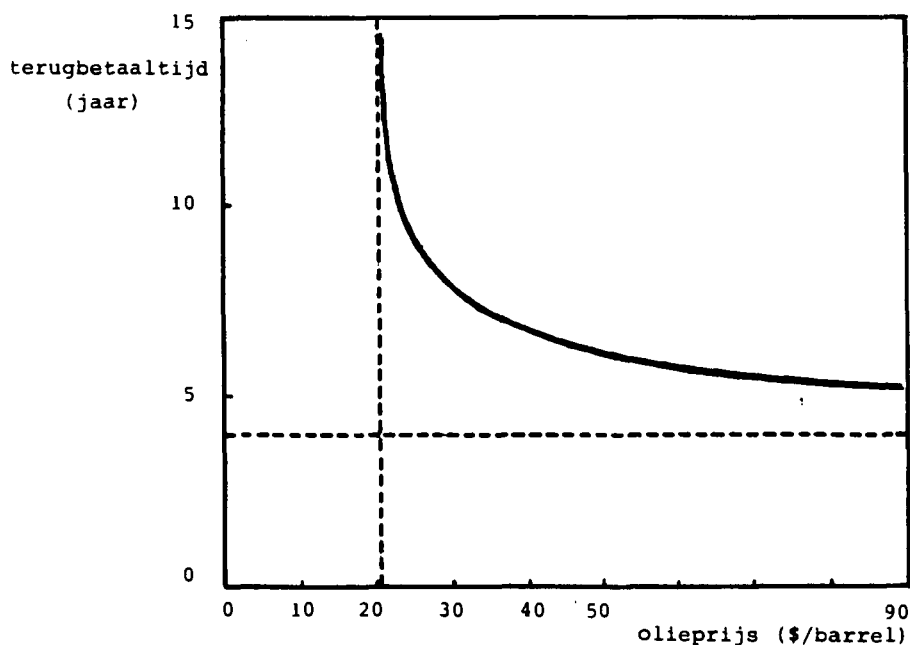
Secundaire en tertiaire winning zijn vooral van belang bij ruwe aardolie. Conventionele extractietechnieken laten, gemiddeld genomen, daar meer dan de helft van de aanwezige olie in de afzetting achter. Door injectie van water en gas kan de opbrengst enigszins worden verhoogd (secundaire winning). Bij tertiaire winning tracht men met behulp van meer geavanceerde fysische methoden (druk- en temperatuurverhoging, verdringing, menging) en chemische methoden de nog aanwezige olie uit de afzetting los te maken. Tertiaire technieken bevinden zich over het geheel genomen nog in het ontwikkelingsstadium en zijn bij de huidige olieprijs vaak nog te duur om economisch zinvol te worden gebruikt.

Recirculatie is voor de meeste recirculeerbare grondstoffen slechts op bescheiden schaal tot stand gekomen. Het is tot nu toe in de meeste gevallen minder duur en minder omslachtig de grondstoffen nieuw te winnen. Vanuit het oogpunt van bescherming van het milieu kan recirculatie echter van groot belang zijn.

Ontwikkelingen op het gebied van exploratie en winning van grondstoffen vertonen soms een extreme gevoeligheid voor grondstofprijzen. Om dit verschijnsel, dat zich op een aantal gebieden in toenemende mate voordoet, meer inzichtelijk te maken, wordt in figuur 2.13 als voorbeeld een veel voorkomende situatie uit de West-Europese olie-industrie weergegeven. Het gaat hierbij om de economische "terugbetaaltijd" van een investering voor oliewinning op zee (onder standaardcondities), als functie van de olieprijs. De terugbetaaltijd is een belangrijke factor bij het nemen van investeringsbeslissingen.

Figuur 2.13 De economische terugbetaaltijd bij oliewinning op zee, als functie van de olieprijs

- eenvoudige offshore situatie
- reservoir 400 miljoen barrels
- waterdiepte en reservoircondities staan conventionele winning met enkel platform toe



Bron: gebaseerd op gegevens van H.M. Koepchen, Long-term investments in exploration and production, Oil-Gas European Magazine, 2, 1982, 34-35

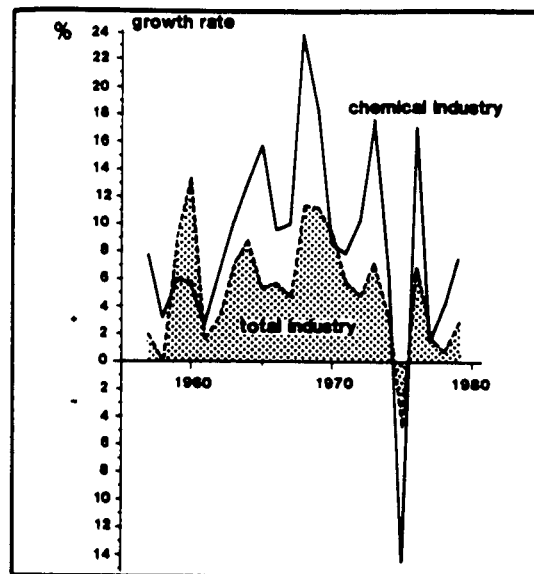
In het bovenstaande geval is, gegeven de huidige factorkosten, bij een olieprijs van ongeveer 20\$/barrel de terugverdientijd oneindig groot, met andere woorden het project wordt dan verliesgevend. Voor een terugverdientijd die in deze tak van bedrijvigheid normaal wordt geacht (ruwweg 7 jaar), dient de olieprijs, gemiddeld over de levensduur van de desbetreffende oliewinning, rond 35\$/barrel te zijn.

Het gaat hier natuurlijk niet om dit specifieke geval, maar meer om het feit dat, bij de huidige factorkosten, de gegeven kromme qua ligging en qua vorm karakteristiek is voor vele nieuwe activiteiten op olie- en energiegebied. Bij de huidige hoogte van de olieprijs en de fluctuaties daarin zijn vele nieuwe projecten onrendabel of balanceren op de rand van negatieve en positieve rentabiliteit. Een relatief geringe daling van de olieprijs kan leiden tot het afgelasten van vele nieuwe projecten, terwijl reeds gedane investeringen verliesgevend kunnen worden. Aangezien het bij deze projecten om zeer hoge investeringen gaat, is deze onrust niet onbelangrijk. Erratische bewegingen in de olieprijs kunnen, zowel in positieve als in negatieve zin, versterkt aan de economie worden meegedeeld. Dit werkt cyclisch gedrag in de hand. Een dalende olieprijs maakt niet alleen nieuwe winningsprojecten, maar ook de overgang op alternatieve bronnen minder aantrekkelijk, hetgeen op termijn weer kan leiden tot prijsverhogingen en, omdat veelal sprake is van lange constructie- en ontwikkelingstijden, tot tijdelijke knelpunten in het aanbod.

2.2.2 Chemie

Chemie, ofwel de manipulatie van de moleculaire structuur van de materie, speelt in moderne economieën een belangrijke rol. De chemische industrie wordt gekenmerkt door een aanzienlijke complexiteit. Er bestaat een groot aantal, vaak onderling samenhangende, processen en produkten. De chemische industrie heeft in het verleden hoge groeicijfers te zien gegeven, groeicijfers die die van andere economische sectoren veelal overtroffen. In figuur 2.14 worden de groeicijfers van de Nederlandse chemische industrie gegeven. In vele andere ontwikkelde landen vertoont de chemische industrie een soortgelijk patroon.

Figuur 2.14 De groei van de chemische industrie en van de totale industrie in Nederland



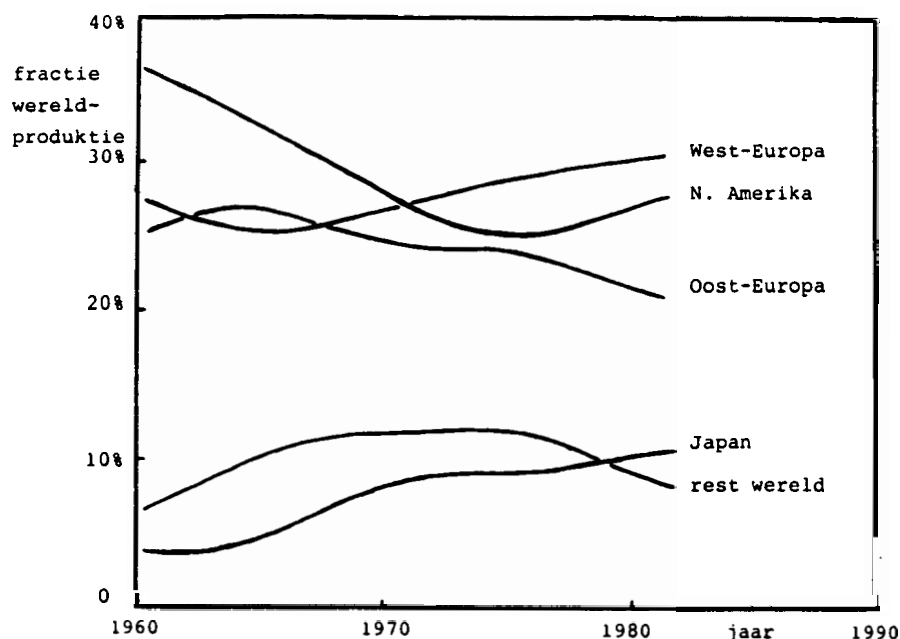
Bron: G. Liphart, Opportunities for apparatus manufacture and plant construction in Europe, Resources and Conservation, 1981, 357-386

De hogere groeicijfers hangen onder meer samen met substitutie-effecten (verdringing van produkten die in andere sectoren geproduceerd werden) en een betere exportperformance.

De totale werkgelegenheid in de chemische industrie is in de meeste landen tot het midden van de zeventiger jaren licht gestegen en daarna enigszins afgenomen. De afname van de, overigens geringe, groei van de werkgelegenheid in de chemische industrie was reeds ver voor de eerste "oliecrisis" in 1973 zichtbaar. Hetzelfde geldt voor de investeringen in de chemische industrie die, in vele EEG-landen, een maximum vertoonden rond 1968.

De mondiale verdeling van de chemische produktie wordt gepresenteerd in figuur 2.15. De verschuivingen in geografische verdeling van de produktie zijn tot nu toe niet geweldig groot. Op gebieden waar sprake is van sterke concurrentie kunnen echter reeds kleine verschuivingen zich in aanzienlijke mate in de bedrijfsresultaten doen voelen. Met name geldt dit voor de produktie van bulkgoederen waar reeds langs sprake is van overcapaciteit.

Figuur 2.15 De mondiale verdeling van de chemische produktie



Bron: Association Européenne pour l'Administration de la Recherche Industrielle, Workshop technology 1988, aangevuld met enkele recente gegevens

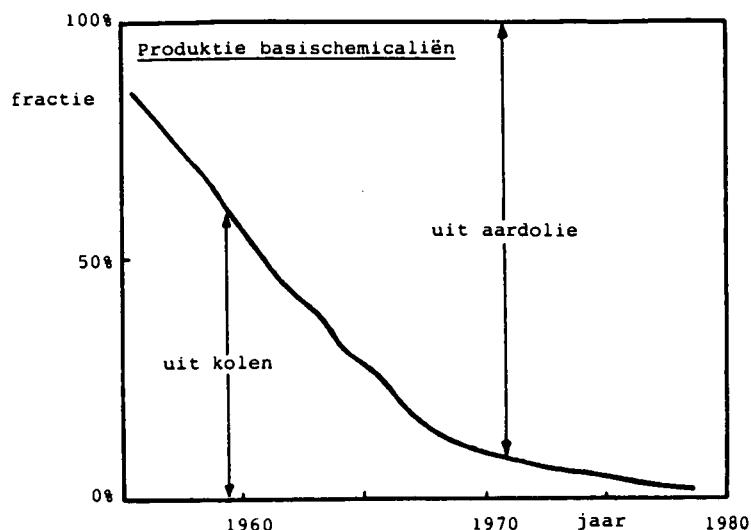
In de chemische industrie kunnen de volgende algemene technische ontwikkelingen worden waargenomen:

- procesvoering:
- verbeterd ontwerp van chemische reactoren (onder meer met Computer Aided Design)
 - gebruik van geavanceerde process-control equipment
 - betere unit-processes, minder grondstof- en energieverbruik
 - belangrijke vooruitgang in katalysechemie (homogene/heterogene katalyse, metaal-clusters, biologische katalysatoren) waardoor in vele gevallen selectievere procesvoering, hogere opbrengst, lager energieverbruik en soms ook minder milieu-verontreiniging
 - verwetenschappelijking van de procesvoering, beter begrip van chemische processen, versmelting van disciplines (chemie, fysica, engineering)

- mondialisatie van up-stream activiteiten
 - verdergaande integratie met down-stream activiteiten
 - meer flexibiliteit, snellere aanpassing aan de markt
- produkten:
- voorlopig nog weinig essentieel nieuwe massaprodukten, echter verschuiving naar kwalitatief hoogstaande produkten
 - nieuwe materialen, in eerste instantie voor speciale toepassingen
 - opkomst van fijnchemie, meer R&D per eenheid produkt
 - taylor-made verbindingen (onder meer op basis van meer inzicht in de relatie tussen moleculaire structuur en stoffeigenschappen)
 - integratie van leverantie van chemische produkten met dienstverlening ("chimie de la fonction")

Een belangrijk deel van de chemische industrie is gebaseerd op de omzetting van aardolie: de petrochemie. Voor het verkrijgen van dezelfde intermediaire en finale produkten zijn ook andere grondstoffen mogelijk, zoals kool, aardgas en biomassa. In feite werd voor de tweede wereldoorlog voor de produktie van organische stoffen vrijwel uitsluitend kool als grondstof gebruikt. De hoge groei van de chemische industrie na de oorlog is samengegaan met een verschuiving van kolen naar aardolie. Deze verschuiving is te verklaren uit enkele belangrijke voordelen van aardolie: zij is gemakkelijker te winnen en te transporteren, is meer homogeen van samenstelling, heeft een hogere waterstof/koolstofverhouding en laat zich gemakkelijker en schoner omzetten in een reeks van basisprodukten. De verschuiving van kolen naar aardolie wordt zichtbaar gemaakt in figuur 2.16. De figuur heeft betrekking op de ontwikkeling in West-Duitsland, een gebied met een aanzienlijke chemische traditie. De produktie in andere ontwikkelde landen vertoont veelal een soortgelijk beeld.

Figuur 2.16 De overgang van kolen op aardolie als grondstof voor de produktie van basischemicaliën (West-Duitsland)



Bron: VCI

Het grillige en onbestemde verloop van de aardolieprijs heeft de aandacht voor alternatieve grondstoffen vergroot. Van de alternatieve grondstoffen komen vooral kolen voor (her) introductie in aanmerking. Aardgas laat zich door zijn compacte moleculaire structuur moeilijker chemisch bewerken, terwijl biomassa onder meer logistieke problemen kent. Op dit moment worden kolen in de chemische industrie vooral als energiedrager gebruikt. Een probleem bij het gebruik van kolen als grondstof is de ontwikkeling van economisch haalbare en voldoende schone processen voor conversie: gassificatie en liquefactie. Het gaat hierbij om zeer hoge investeringen, zowel in de bedrijven als in de infrastructuur. Een indruk van de investeringskosten wordt verkregen uit onderstaande gegevens:

produktie van aardolie

- Midden Oosten f 3 - 6/kW
- Noordzee f 200 - 300/kW

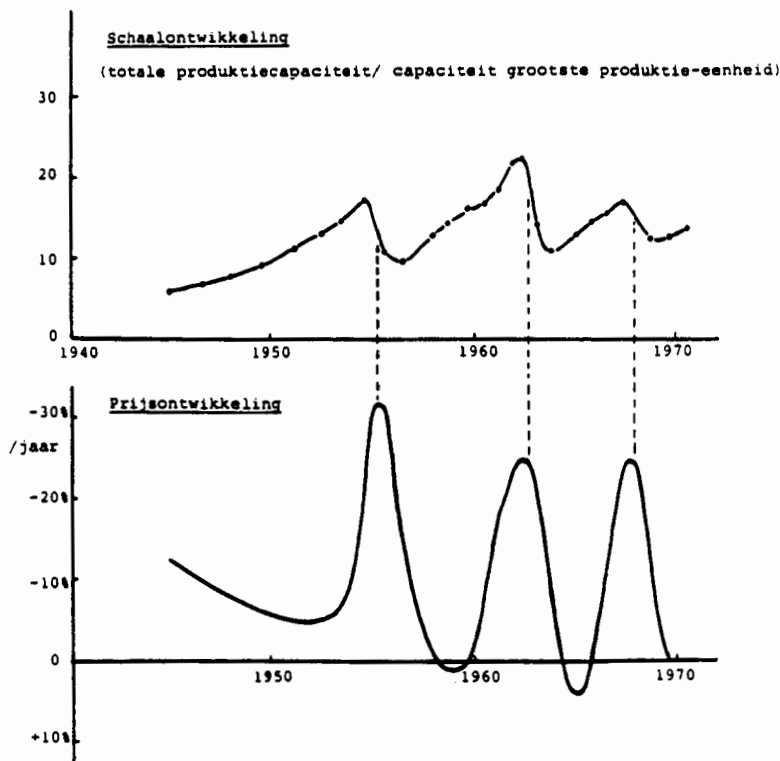
gassificatie en liquefactie

- winning van kolen f 150 - 500/kW
 - conversie f 800 - 1200/kW
-
- totaal kolen f 950 - 1700/kW

Gelet op bovenstaande verschillen in investeringskosten is te verwachten dat de vervanging van aardolie als grondstof door kolen de komende jaren slechts in geringe mate plaats zal vinden.

Bij een verdere beschouwing van de petrochemie dient onderscheid te worden gemaakt tussen de verschillende producten, variërende van basisstoffen met groot volume en (veelal) geringe moleculaire complexiteit tot de specialités met gering volume en (veelal) grote moleculaire complexiteit. Bij de intermediaire basisprodukten - stoffen waaruit vele andere chemische produkten worden gemaakt - is reeds gedurende jaren een tendens tot overcapaciteit. Het gaat hier voor een deel om een structureel verschijnsel dat niet snel zal veranderen, tenzij de groei van de economie zeer sterk toeneemt. Om in dit verschijnsel iets meer inzicht te krijgen, wordt in figuur 2.17 de ontwikkeling in produktieschaal en reële prijsontwikkeling van een belangrijke petrochemische basisstof (ethyleen) gegeven.

Figuur 2.17 Schaalvergroting en prijsdaling in de petrochemische industrie (ethyleen, Verenigde Staten)



Bron: gebaseerd op gegevens gepresenteerd in Syllabus Verkenning der Techniek KK8, Technische Hogeschool Delft, 1980, 76

In figuur 2.17 is zichtbaar dat schaalvergroting - overeenkomende met een daling van de verhouding tussen de totale produktiecapaciteit en de produktiecapaciteit van de grootste produktie-eenheid - aanleiding was tot (en ongetwijfeld ook mede oorzaak was van) een aanzienlijke prijsdaling. Bij chemische basisprodukten wordt sterk op prijs geconcentreerd. Aangezien nu schaalvergroting, zoals uit de figuur blijkt, een zeer bruikbaar instrument is voor prijsdaling, zal er, zelfs in een situatie van bestaande overcapaciteit, een voortdurende tendens bestaan tot verdergaande schaalvergroting. Een dergelijk structureel verschijnsel, dat mede bepaald wordt door de techniek, wordt bij meerdere chemische basisprodukten aangetroffen.

De technisch-economische ontwikkelingen in de petrochemie kunnen als volgt kort worden samengevat:

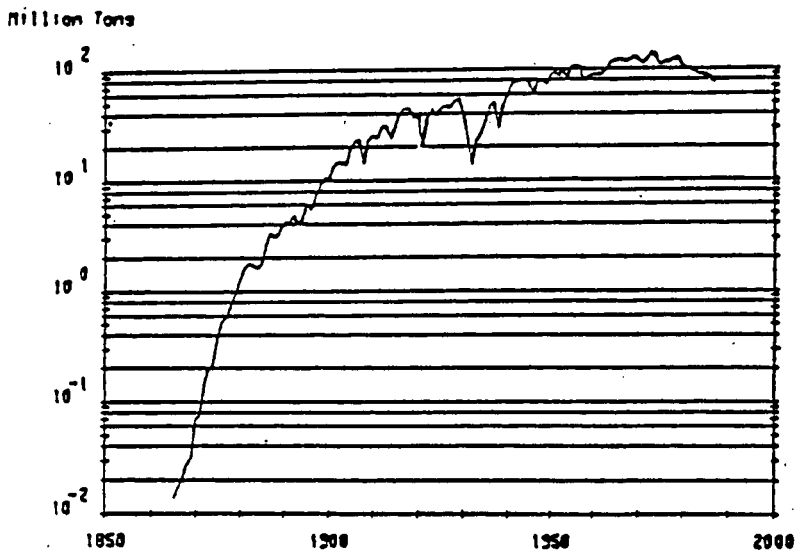
- een tendens tot overcapaciteit en aanzienlijke prijsconcurrentie bij basisprodukten;
- afgezien van verschillen tussen landen en traagheidseffecten, zullen de groeicijfers van de petrochemische industrie meer en meer in de pas gaan lopen met die van de totale industrie;
- alhoewel bulkprodukten (intermediair en finaal) van groot belang blijven, zal er in de meeste ontwikkelde landen een verschuiving optreden naar hoogwaardiger produkten. Onder meer door een verdergaande substitutie in gespecialiseerde deelmarkten kunnen daar relatief hoge groeicijfers worden behaald;
- essentieel nieuwe massaprodukten voor finaal verbruik zijn slechts in geringe mate te verwachten, wel is er een verschuiving naar meer kwaliteit;
- petrochemische produktieprocessen zullen verder worden gestroomlijnd, mede op basis van geavanceerde process-control systemen en katalyse; er is sprake van een toenemende flexibiliteit van de produktieprocessen;
- een significante verschuiving naar andere grondstoffen is de komende jaren niet te verwachten. Wel is er, samenhangende met de eerder genoemde opwaardering en toenemende flexibiliteit, een verschuiving van zwaardere naar lichtere aardoliefracties.

2.2.3 Nieuwe materialen

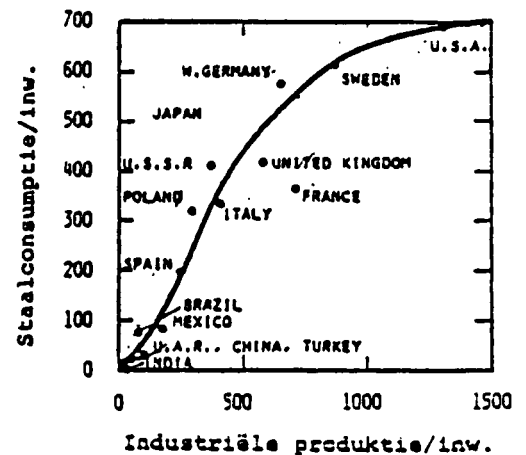
Materialen voor de constructie van kapitaalgoederen en finale produkten hebben economisch altijd een grote rol gespeeld. Een toenemende produktie van ijzer en staal werd gedurende lange tijd gezien als een belangrijke indicator voor economische vooruitgang. Nu moet worden geconstateerd dat bij een aantal tot voor kort belangrijke conventionele materialen de groeidynamiek afneemt. Een toename van het nationale inkomen leidt tot een steeds kleinere vergroting van het materiaalgebruik. In figuur 2.18 worden, voor staal, enkele gegevens gepresenteerd.

Figuur 2.18

- (a) De jaarlijkse staalproduktie in de Verenigde Staten
- (b) De staalconsumptie als functie van de totale industriële produktie, per capita. De getrokken lijn geeft het (longitudinale) verloop van de Verenigde Staten.



(a)



(b)

Bron: (a) N. Nakicenovic, *Patterns of change*, Working Paper WP-85-50, IIASA, Laxenburg, Oostenrijk

(b) D.L. Meadows e.a., Dynamics of growth in a finite world, Wright-Allen Press Inc., Cambridge (USA), 1974

Bovenstaande gegevens maken het waarschijnlijk dat het hier om een structureel verschijnsel gaat: de economische rol van sommige conventionele materialen neemt af. Deze structurele stagnatie heeft geleid tot de volgende reactie: efficiënter gebruik van de produktiefactoren (om de toegenomen concurrentie

het hoofd te bieden) en een poging tot opwaardering van het produktenpakket. In het laatste geval kan worden gedacht aan speciale stalen voor speciale toepassingen, maar ook aan geheel andere vervangende materialen. Dit brengt ons op een gebied dat wel wordt aangeduid met "nieuwe materialen". Hier doen zich zeer interessante technische ontwikkelingen voor. Het gaat om ontwikkelingen die zich vrijwel overal waar in de economie materialen worden bewerkt of gebruikt op termijn zullen doen voelen. Het potentiële toepassingsgebied van nieuwe materialen is zeer groot.

De voordelen die bij introductie van nieuwe materialen worden nagestreefd, liggen vooral in:

- besparing van energie (lichter, verschuiving naar hogere procestemperaturen) en grondstoffen;
- verbetering van eigenschappen (mechanisch, statisch en dynamisch, levensduur, corrosiebestendigheid, speciale functies), hierdoor ook mogelijkheden voor nieuwe produkten voor de consument;
- verschuiving naar minder zeldzame of strategisch minder gevoelige grondstoffen.

Een kort overzicht van nieuwe materialen wordt gegeven in onderstaande tabel (5):

- <u>polymeren en multipoly- meersystemen</u>	- biomedische polymeren - elektrisch geleidende polymeren - zichzelf versterkende polymeren - biologisch afbreekbare polymeren - supersterke polymeervezels - engineering plastics
- <u>hoogwaardige keramiek en glas</u>	- geavanceerde vuurvaste keramiek - elektro-keramiek (w.o. super- geleiders) - superharde keramiek - speciale glazen (onder meer voor optische communicatie) - macro-defectvrij cement
- <u>metalen</u>	- amorfe en micro-kristallijne metalen - High Strength Low Alloy staal (HSLA) - staalfolie - superplastische materialen - poedertechnologie - legeringen met vormgeheugen - geavanceerde legeringen met speciale eigenschappen
- <u>composietmaterialen</u>	

De introductie van nieuwe materialen is over het algemeen geen zaak waarbij eenvoudig van het ene (conventionele) materiaal op het andere (nieuwe) materiaal wordt 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 verschillende technische disciplines moeten plaatsvinden (materiaalkunde en ontwerp). Hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor keramiek waar het steeds duidelijker wordt dat de fysica-georiënteerde metallurgische aanpak voor een goed gebruik onvoldoende is en onder meer in chemische richting dient te worden uitgebouwd.

De noodzaak van integratie van ontwikkeling, ontwerp en produktie is een vrij algemeen verschijnsel bij nieuwe materialen. Aangezien in de markt van potentiële verwerkers een dergelijke integratie, of althans andere samenbundeling van expertise, nog onvoldoende aanwezig is en in de praktijk niet zonder problemen tot stand komt, impliceert dit soms een aanzienlijke traagheid bij introductie. Marktprognoses hebben dan ook, mede daarom, de neiging de gerealiseerde ontwikkelingen flink te overtreffen.

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 prijs, nieuwe materialen de komende jaren vooral hun toepassing zullen vinden in meer extreme omgevingen (hoge temperaturen, hoge fysieke en chemische belasting). Vele materiaaleigenschappen spelen bij dergelijke toepassingen een rol en het is niet zo dat nieuwe materialen op alle fronten hoog scoren. Van belang zijn zaken als: sterkte, taaiheid, hardheid, bestandheid tegen corrosie, gedrag onder statische en dynamische belasting, temperatuurgevoeligheid, verwerkingsmogelijkheden (verspanen, gieten, walsen lassen, lijmen) en elektrische eigenschappen. Een enkel voorbeeld: technische keramiek heeft enkele gunstige eigenschappen, maar het vervelende verschijnsel doet zich voor dat keramische onderdelen die in praktisch opzicht volledig gelijk lijken, bij wijd uiteenlopende fysieke belasting blijken te falen. Dit in tegenstelling tot metalen die in enkele opzichten lager scoren, maar waarvan het gedrag veel beter te voorspellen is. Voor toepassingen onder extreme omstandigheden - een gebied waar nieuwe materialen vooral tot hun recht zouden kunnen komen - vormt de

geringere betrouwbaarheid van keramiek vooralsnog een probleem (denk aan de toepassing in vliegtuigmotoren).

Vele nieuwe materialen bevinden zich nog in het ontwikkelstadium. Voor een ruime verspreiding dienen vaak nog aanzienlijke technische en economische barrières te worden genomen.

2.2.4 Biotechnologie

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 voedingsmiddelen (kaas, yoghurt, wijn, bier, gisten) en meer recentelijk ook bij farmaceutische produkten (antibiotica, vitaminen en steroïden). De nieuwe ontwikkelingen op het gebied van biotechnologie zijn vooral gebaseerd op twee zaken: de integratie van sterk toegenomen inzichten in verschillende technische en wetenschappelijke disciplines en het gebruik van nieuwe of sterk verbeterde technieken voor analyse, manipulatie en synthese. Meer specifiek zijn de volgende gebieden technisch sterk in beweging:

- fermentatie gebaseerd op het gebruik van micro-organismen als gisten, schimmels, algen en bacteriën
- celculturen plantecellen en diercellen, veelal voor de produktie van complexere verbindingen als boven
- celfusie versmelting van gunstige eigenschappen van verschillende cellen
- enzymtechnologie afzonderlijk gebruik van enzymen, waar nodig geïmmobiliseerd op inerte dragers, als katalysator en als produkt
- rDNA genetische manipulatie, het veranderen van de genetische structuur (en daarmee van de stofwisselingseigenschappen) van bovenvermelde micro-organismen en cellen

Wetenschappelijk gezien gaan de ontwikkelingen zeer snel. Het inzicht in biologische processen neemt sterk toe en daarmee soms ook het zicht op belangrijke toepassingen. De, economisch gesproken, belangrijkste (potentiële) toepassingen worden op de volgende bladzijde kort samengevat.

Mogelijke toepassingen van biotechnologie

<u>voeding</u>	<ul style="list-style-type: none">- vooral verbetering van bestaande biotechnische processen (fermentatie en enzymtechnologie)- ontwikkeling van nieuwe additieven (zoetstoffen, kleurstoffen, stabilisatoren)- verbetering van voedingsmiddelen en produktie van nieuwe voedingsstoffen (bijv. SCP: single cell protein)
<u>gezondheidszorg</u>	<ul style="list-style-type: none">- monoclonale antilichamen voor diagnose, scheiding van stoffen en voor therapie- menselijke hormonen- vaccins en antisera- enzymen voor diagnose en therapie- immunomediators (stoffen die het afweermechanisme beïnvloeden: interferon, interleukine, lymfokynen, cytokinen)- stollingsfactoren en andere proteïnen- antibiotica- geneesmiddelafgiftesystemen- biocompatibele materialen- cosmetica
<u>chemie</u>	<ul style="list-style-type: none">- biotechnologie kan een rol spelen bij overgang op andere grondstoffen (biomassa). Bij huidige olieprijs echter weinig zinvol- vooral alternatieve wegen voor de produktie van fijnchemicaliën (selectiever, minder energieverbruik en soms, maar zeker niet altijd, minder milieuvervuiling)
<u>afvalverwerking</u>	<ul style="list-style-type: none">- grondreiniging- extractie van waardevolle of zeer schadelijke stoffen uit afval- aerobe en anaerobe waterzuivering
<u>winning van grondstoffen</u>	<ul style="list-style-type: none">- "leaching" van metalen uit ertsen- produktie van biogas uit organisch afval- recirculatie
<u>landbouw/veeteelt</u>	<ul style="list-style-type: none">- verhoogde opbrengst van gewassen door deze bestand te maken tegen ziekte, droogte, schrale grond- verbetering van voedingswaarde van gewassen- vermindering van produktiekosten (minder kunstmest, minder bestrijdingsmiddelen)- nieuwe pesticiden- diervaccins en andere middelen voor dierverzorging en groeistimulering

Het aantal potentiële toepassingen van biotechnologie is groot. Technisch en wetenschappelijk wordt hier een zeer grote prestatie geleverd. De snelheid waarmee nieuwe finale produkten op de markt worden gebracht, blijkt echter in de praktijk vaak lager te zijn dan in eerste instantie werd verwacht of werd gehoopt. Voor intermediaire produkten ligt de zaak over het algemeen gunstiger, zij het dat ook daar vaak sprake is van een zekere traagheid. De volgende factoren spelen een rol:

produktie-technische traagheden

- De snelle ontwikkeling op biotechnologisch gebied betreft op dit moment vooral de meer fundamentele kant van de zaak. De vertaling van verworven nieuwe inzichten en technieken van laboratoriumschaal naar commerciële produktie verloopt veel langzamer. Het genetisch tot expressie brengen van een gunstige eigenschap in een micro-organisme is slechts één stap op de weg naar commerciële produktie.
- Voor commercieel rendabele produktie zijn veelal nodig: schaalvergroting en continuïteit in produktie. Schaalvergroting en continuïteit 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. Ook downstream processing is bij biologische processen over het algemeen moeilijker, onder meer omdat zeer snel en zorgvuldig moet gewerkt, wil men het, 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 downstream processen de nodige tijd.

markt- en invoeringstraagheden

- De acceptatie door de consument van nieuwe biotechnologische produkten is op enkele gebieden (zoals voeding) gering.

- Op medisch gebied, waar acceptatie vrijwel nooit problemen geeft, blijken veelbelovende nieuwe produkten in therapeutisch opzicht vaak tegenvallende resultaten te geven. Het gebruik wordt meer dan eens belemmerd, of althans bemoeilijkt, door ernstige bijwerkingen of andere reacties van het lichaam. Deze bijwerkingen, die soms erger zijn dan de kwaal, beperken en vertragen de markt voor de desbetreffende nieuwe produkten.
- Het is vaak niet goed mogelijk bevindingen opgedaan in *in vitro* laboratoriumonderzoek te vertalen in klinisch relevante gegevens. Dit betekent dat medische produkten, vooral die voor inwendig gebruik (therapeutica, symptoombestrijders, *in vivo* diagnostica), een lange klinische onderzoeksperiode vragen. Dit onderzoek is bijna niet te versnellen. Alleen bij ernstige ziektes kan meer risico worden genomen.
- Bij de introductie in de leefomgeving van genetisch gemanipuleerde organismen dient zorgvuldigheid en terughoudendheid te worden betracht. Men kan zich op dit gebied bijna geen vergissing veroorloven. Dit impliceert een (noodzakelijke) traagheid bij de introductie van deze organismen.
- Sommige overheidsreguleringen hebben de neiging bestaande produkten te beschermen en daarmee onnodig een barrière op te werpen voor de introductie van bepaalde nieuwe biotechnologische produkten.
- Afwezigheid van eenheid in regelgeving vertraagt in een aantal gevallen onnodig de introductie van nieuwe produkten op de internationale markt.

Bij produktinnovatie dienen vele vertragende technische, economische en institutionele barrières te worden genomen. Traagheid wil echter, in de meeste gevallen, niet zeggen dat de nieuwe produkten er niet komen. Op termijn omvat de biotechnologie in velerlei opzicht, ook voor de finale markt, een van de meest belangrijke technische ontwikkelingen. Bij een aantal nieuwe produkten doen zich reeds hoge groeicijfers voor, of kunnen die binnenkort worden verwacht.

2.3 Energietechniek

De scherpe stijging van de aardolieprijs in het begin van de jaren zeventig deed de aandacht voor energie als produktiefactor en als consumptiegoed sterk toenemen. Nu de olieprijs niet meer dergelijke cumulatieve stijgingen te zien geeft en fysieke schaarste nog ver weg ligt, is de aandacht voor de energieproblematiek afgenomen. Vanuit strategisch, bedrijfs-economisch en ecologisch oogpunt blijft echter een soepele energievoorziening en een zo doelmatig en gering mogelijk gebruik van energie van belang. Zo kan, ook al is er nog geen fysieke schaarste, een hervatting van de macro-economische groei een deel van de vroegere spanningen en prijsstijgingen weer oproepen. Een nadere evaluatie van ontwikkelingen op energiegebied is hier derhalve op zijn plaats.

2.3.1 Technieken die het aanbod van energie vergroten

Energie komt in verschillende vormen en gebonden aan verschillende dragers voor. De belangrijkste energiedragers, bronnen en intermediaire technieken voor omzetting van energie van de ene in de andere vorm, worden hieronder geïnventariseerd.

Overzicht van de belangrijkste energiedragers, bronnen en intermediaire technieken

-
- | | |
|------------|--|
| a. Fossiel | - olie (ruwe olie, teerzanden, olieschalies)
- aardgas (associated, non-associated)
- kolen (steenkool, bruinkool) |
|------------|--|
-
- | | |
|---------------------|---|
| b. Stromingsbronnen | - zonne-energie (fotovoltaïsch, fothermisch, fotochemisch)
- windenergie
- energie uit biomassa (verbranding, pyrolyse, bioconversie)
- golfslagenergie
- energie uit temperatuurverschillen in oceanen |
|---------------------|---|

- hydro-elektrische energie
(getijden, stuwmeren)
- geothermische energie (droog, nat)

-
- c. Kernenergie
- splijting (met of zonder kweken)
 - fusie

-
- d. Enkele intermediaire energietechnieken
- opslagsystemen (kinetisch, thermisch, elektrochemisch, thermochemisch, elektromagnetisch, potentieel)
 - warmtepompen (absorptie en compressie)
 - gecombineerde cycli (STEG-units)
 - topping cycles (magnetohydrodynamische conversie)
 - brandstofcellen
 - stadsverwarming
-

Bron: Plaats en toekomst van de Nederlandse industrie,
WRR, rapport nr. 18, Staatsuitgeverij, Den Haag, 1980

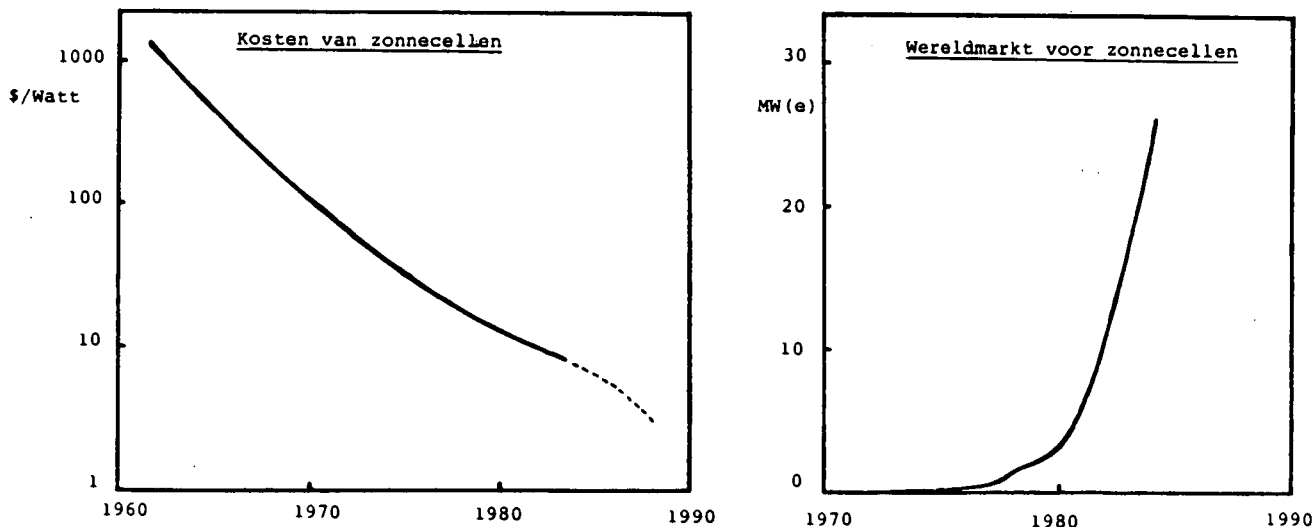
De energievoorziening zal de komende decennia voor het overgrote deel gebaseerd blijven op het gebruik van fossiele brandstoffen. Nieuwe projecten voor exploratie, winning en conversie (zoals kolenvergassing en liquefactie) van deze energiedragers zijn vaak grootschalig, hebben lange "lead times", vragen hoge investeringen en brengen soms een aanzienlijke ingreep in het milieu met zich mee. De rentabiliteit van volledig nieuwe projecten is onder de huidige omstandigheden meestal laag. In een aantal gevallen, en dan met name bij nieuwe conversietechnieken, heeft dit geleid tot een sterke vermindering van de activiteiten. Ruim 40% van het wereldenergieverbruik wordt gedekt door aardolie. Grote verschuivingen tussen fossiele energiedragers zijn de komende 10 à 20 jaar niet waarschijnlijk, zij het dat het relatieve belang van aardolie iets kan afnemen (ten opzichte van kolen en aardgas).

Bij stromingsenergie zijn op dit moment vooral zonne-energie, windenergie, energie uit biomassa en hydro-elektrische energie van belang. Afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden

kunnen deze op termijn, vooral als tegelijkertijd op energie wordt bespaard, een significante bijdrage aan de energieproductie leveren. Als de ontwikkelingen uit het verleden worden doorgetrokken, dan is echter te verwachten dat over het algemeen de overgang op stromingsenergie de komende jaren slechts marginaal zal zijn. Nieuwe technieken veranderen hier niet veel aan, alhoewel er op sommige gebieden in technisch-economische zin wel een grote vooruitgang wordt geboekt. Een voorbeeld hiervan is de drastische daling van de kosten voor zonnecellen voor de opwekking van elektriciteit. Deze ontwikkeling wordt weergegeven in figuur 2.19. Tezamen met de sterk dalende kosten is de wereldmarkt voor zonnecellen sterk toegenomen. Het gaat hierbij vooral om vervanging van batterijen in rekenmachines. In de trage overgang op stromingsenergie spelen, naast fysieke omstandigheden, onder meer prijs-, infrastructurele en institutionele factoren een rol.

Figuur 2.19

- (a) Dalende kosten van zonnecellen (fotovoltaïsch, kosten per piek-Watt(e))
- (b) De wereldmarkt voor zonnecellen

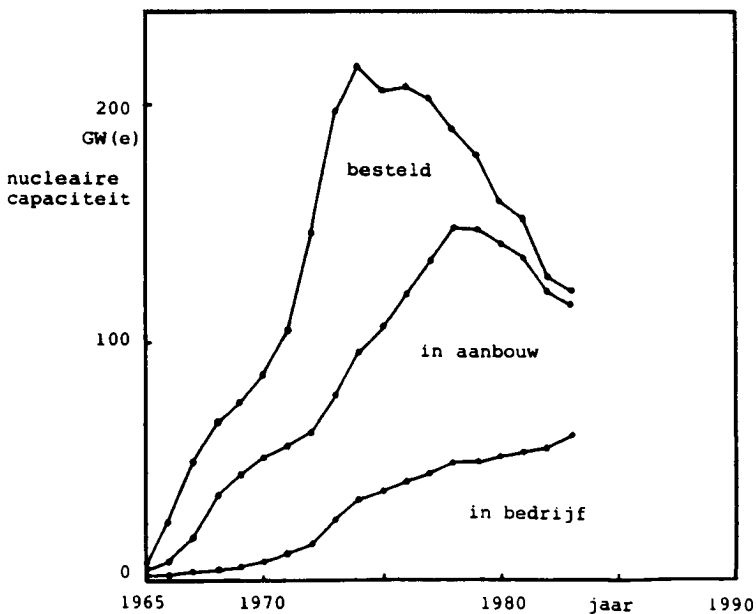
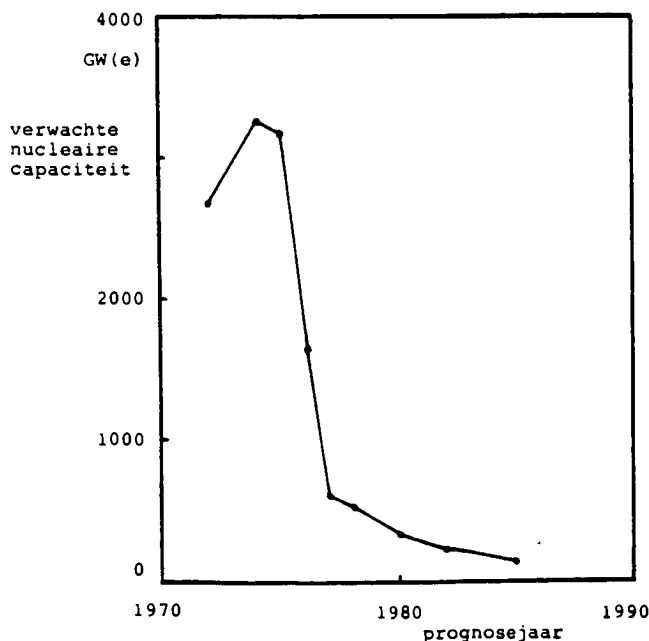


Bron: gebaseerd op gegevens van C. Flavin, Photovoltaics, Environment, april 1983, 7

Ten aanzien van kernenergie kan het volgende worden opgemerkt. Ruim 20 jaar geleden bestonden er, vooral bij beleids-makers, hooggespannen verwachtingen ten aanzien van energie-opwekking gebaseerd op kernsplijting. Sindsdien zijn deze verwachtingen aanzienlijk getemperd. Als illustratie van het voorgaande kan de ontwikkeling in de Verenigde Staten dienen. In 1974 werd nog voor het jaar 2000 door de gezamenlijke energie-opwekkingsbedrijven een nucleaire opwekkingscapaciteit van ruim 3000 GW(e) verwacht, in 1982 was deze verwachting teruggebracht tot ongeveer 150 GW(e), een meer dan twintigvoudige reductie. Bovengeschetste ontwikkeling is ook zichtbaar in het aantal kerncentrales in bestelling en onder constructie. Ook hier heeft zich in de afgelopen jaren een aanzienlijke daling voorgedaan. Zie verder figuur 2.20.

Figuur 2.20

- (a) De verwachting bij energie-opwekkingsbedrijven ten aanzien van de nucleaire opwekkingscapaciteit in het jaar 2000 in de Verenigde Staten
- (b) Nucleaire opwekkingscapaciteit in bedrijf, in aanbouw en in bestelling in de Verenigde Staten

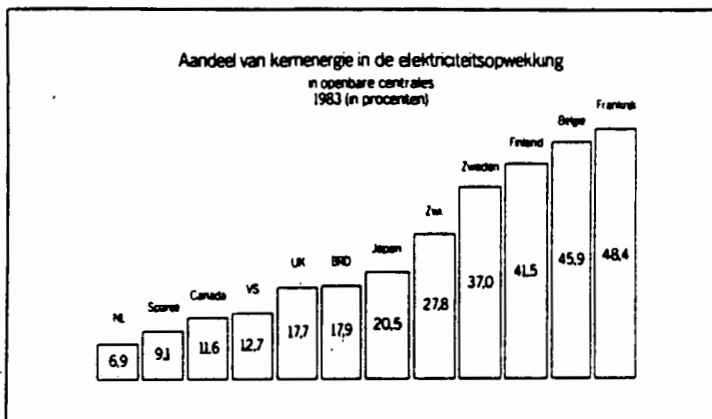


Bron: (a) compilatie WRR

(b) IEEE Spectrum, april 1984, 51

In 1986 was ongeveer 15% van de wereldproductie van elektrische energie afkomstig van nucleaire centrales. De verschillen tussen landen zijn echter groot. In figuur 2.21 wordt een overzicht gegeven van het aandeel van kernenergie in de opwekking van elektriciteit in diverse landen.

Figuur 2.21 Het aandeel van kernenergie in de produktie van elektriciteit in verschillende landen, in 1983



Bron: Energiespectrum, februari 1985, 34

Kerncentrales worden gekenmerkt door relatief hoge investeringskosten en lange constructietijden (10 jaar, 3 jaar voorbereiding en 7 jaar eigenlijke constructie). Deze investeringen dragen, gelet op de lange constructietijden, het onzekere toekomstige elektriciteitsverbruik en de fluctuerende publieke acceptatie, in vele gevallen een hoog risico.

De veiligheid van kerncentrales is een punt van voortdurende zorg en aandacht. Voor meer veiligheid is een marginale verbetering van de huidige systemen waarschijnlijk onvoldoende. De aanvullende veiligheidsmaatregelen die in de loop der tijd zijn genomen, hebben geleid tot zeer complexe systemen, waarbij het de vraag is of deze complexiteit de veiligheid in een aantal situaties niet eerder heeft doen afnemen dan doen toenemen. Om deze reden wordt getracht nieuwe kernreactorsystemen te ontwikkelen die inherent veilig zijn ("walk-away safety"). Hierbij gaat het om passieve beveiliging waarbij geen serie complexe handelingen nodig is om de reactor onder controle te houden of te krijgen.

Kweekreactoren (Kalkar, (Super)phénix), waarbij in de reactor splijtbaar materiaal wordt bijgevormd (gekweekt), worden gekenmerkt door extreem hoge ontwikkelkosten en zeer lange ontwikkeltijden. Voor zover in bedrijf, is de geleverde elektriciteit veel duurder dan bij conventionele kerncentrales.

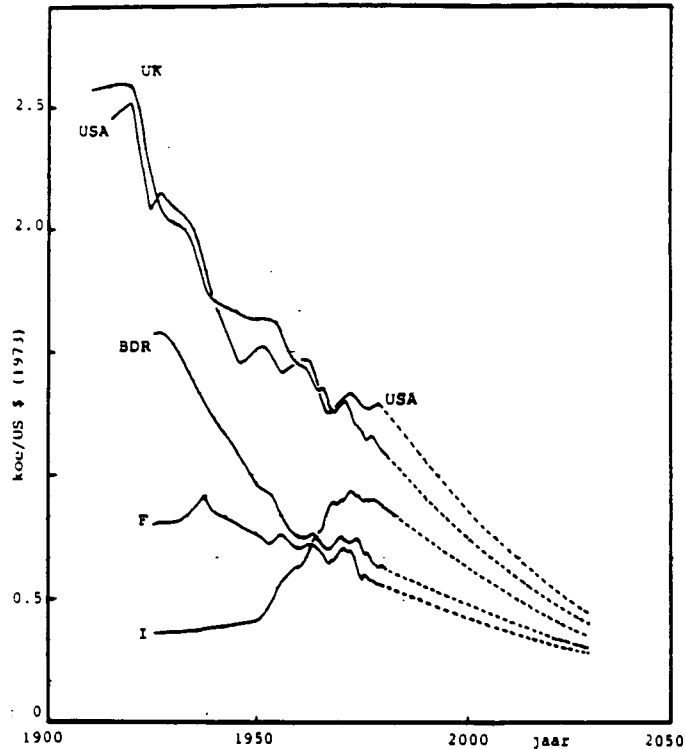
Kernfusie is, in tegenstelling tot kernsplijting, gebaseerd op het samensmelten van kleine atoomkernen. Voor een dergelijke fusie van atoomkernen dient het fusiemedium (plasma) een zekere minimale dichtheid, temperatuur en opsluitingstijd te hebben. Aan deze fusiecondities heeft men nog niet kunnen voldoen. De technische problemen zijn groot en algemeen wordt verwacht dat een commercieel rendabele exploitatie van kernfusie nog ver weg ligt.

Tot slot van dit gedeelte over het aanbod van energie, kan worden gewezen op de intermediaire energietechnieken die het, door middel van verdere conversie en/of opslag van energie, mogelijk maken een betere aanpassing van het energie-aanbod aan de energievraag te bewerkstelligen. Voor de komende jaren liggen hier interessante mogelijkheden om het nuttige rendement van het energieverbruik te verhogen. Over het algemeen gaat het hier om toepassingen in industriële en zakelijke omgeving.

2.3.2 Technieken die de vraag naar energie verkleinen

Het energieverbruik van een samenleving hangt onder meer af van het welvaartsniveau. Deze relatie is echter niet één-
duidig en ook niet constant in de tijd. In figuur 2.22 op de volgende bladzijde wordt voor een aantal landen het energieverbruik per eenheid bruto nationaal produkt als functie van de tijd gegeven. In deze figuur is een dalende tendens zichtbaar: per eenheid nationaal produkt wordt er steeds minder energie verbruikt. De daling van de energie-intensiteit hangt samen met verschuivingen in de produktiestructuur, in de consumptiestructuur en in de efficiëntie van het energieverbruik. Extrapolatie van de geconstateerde daling - een daling die in zijn algemeenheid enigszins afhankelijk zal zijn van de economische groei - geeft aan dat de komende jaren een geringe economische groei (beneden ruwweg 2% per jaar) kan samengaan met een dalend energieverbruik. Bij een sterkere groei van de produktie (en daaraan gekoppelde consumptie) zal het totale energieverbruik, bij gegeven extrapolatie, weer toenemen.

Figuur 2.22 Het energieverbruik per eenheid bruto nationaal produkt



Bron: U. Colombo en O. Bernardini, A low energy growth 2000 scenario for the Europe of the Nine, maart 1979, EEC

Energiebesparing is onder vele omstandigheden een aantrekkelijke strategie. Er zijn in principe nog vele mogelijkheden:

- gedrag**
 - verandering van gedrag
 - andere organisatie van werkzaamheden
 - organisatorische integratie van processen

- techniek**
 - processen/installaties met een hoger nuttig rendement
 - isolatie
 - technische integratie van processen
 - gelijktijdige opwekking en gebruik van verschillende energievormen (zoals bij warmte/krachtkoppeling)
 - gebruik van afvalwarmte of gemeenschappelijke opwekking van thermische energie (zoals bij stadsverwarming)
 - gebruik van reeds aanwezige, maar nog ongebruikte, stromingsenergie (zon, wind)

De mate waarin en de wijze waarop wordt bespaard, hangt mede af van de prijs van energie. Een dalende energieprijs zal de voordelen van besparing doen afnemen. Prijsverschillen tussen energiedragers kunnen leiden tot verschuivingen tussen deze dragers. Grote verschuivingen zijn de komende jaren niet te verwachten.

2.4 Transporttechniek

Transport speelt in de economie een zeer belangrijke rol. Het is een essentieel onderdeel van het produktieproces, het is tevens een consumptiedoel op zich. Het schip, de trein, de auto en het vliegtuig hebben een belangrijke basis gelegd voor de toegenomen materiële welvaart. Door nieuwe en verbeterde transportmiddelen konden onder meer de economische voordelen van massaproductie worden benut en een optimalere allocatie van produktiemiddelen worden bewerkstelligd.

Bij transport kan het volgende onderscheid worden gemaakt: transport van informatie (netwerken, etherverbindingen), transport van energie (geleiders, elektromagnetische straling) en transport van materie (schip, trein, auto, vliegtuig etc.). In dit onderdeel staat de laatste vorm van transport centraal. Daarbij zijn de andere transportactiviteiten overigens niet geheel onbelangrijk. Zo gaat het transport van goederen en van personen vaak gepaard met aanzienlijke informatiestromen. Er is een sterke tendens deze informatiestromen, onder meer bedoeld voor de logistieke afhandeling van het transport, te automatiseren. Hierbij is in een aantal gevallen sprake van integratie in grotere, soms wereldwijde, systemen.

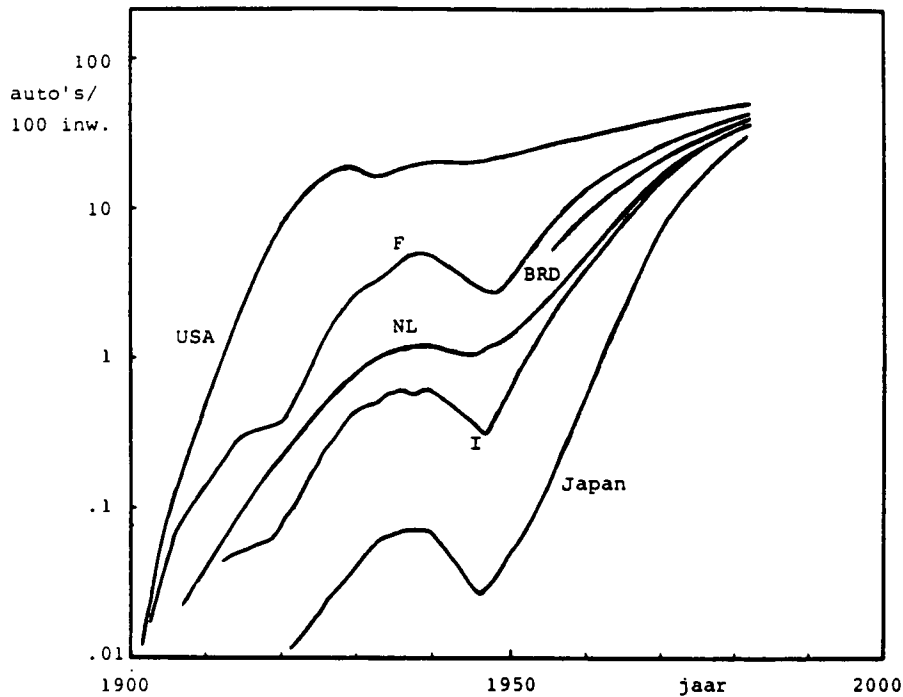
Hieronder zal worden ingegaan op enkele specifieke ontwikkelingen op transportgebied.

2.4.1 De auto

De auto heeft de totale mobiliteit, vooral na de tweede wereldoorlog, zeer sterk doen toenemen. In Nederland steeg de totale mobiliteit over land (auto, trein, bus/tram/metro) van 14 miljard reizigers-kilometers in 1950 naar bijna 100 miljard reizigers-kilometers in 1970 (6). Een toename die vrijwel volledig op het conto van de auto kan worden geschreven. Deze toenemende mobiliteit is, mede door de vele extra voorzieningen die werden opgeroepen, ongetwijfeld een van de belangrijkste oorzaken geweest van de hoge economische groei in de beschouwde periode.

De toenemende penetratie van de auto wordt gevisualiseerd in figuur 2.23. Weergegeven is het tijdsverloop van het aantal personenauto's per 100 inwoners.

Figuur 2.23 De penetratie van de personenauto, in termen van aantal auto's per 100 inwoners, in enkele ontwikkelde landen



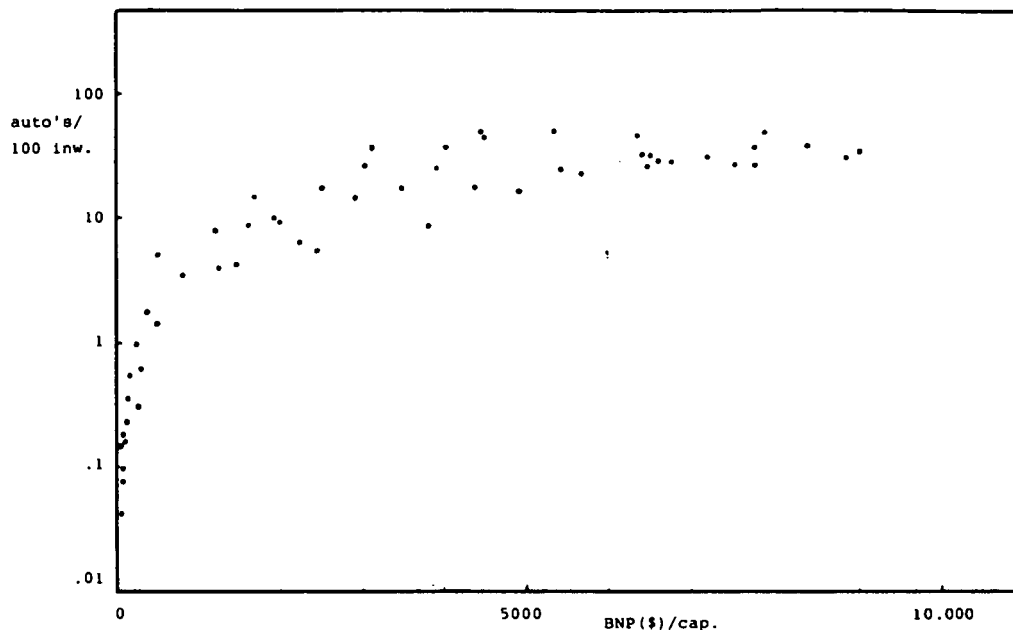
Bron: compilatie WRR

In bovenstaande figuur is zichtbaar dat de groei van de penetratie van het autobezit in genoemde landen afvlakt. De convergentie in de ontwikkeling van verschillende landen en het absolute penetratieniveau - een penetratie tot ongeveer 1 auto per 2 inwoners (waaronder kinderen) - maken het waarschijnlijk dat hier sprake is van een structurele afvlakking. Een stagnatie in penetratiegroei zou in principe doorbroken kunnen worden door drastische inkomensverhogingen (c.q. prijsdalingen van de auto) en spectaculaire technische verbeteringen. Geconstateerd moet worden dat de toch niet onaanzienlijke inkomensbewegingen en technische verbeteringen in de afgelopen decennia in geen enkel land de afvlakking heeft weten te voorkomen.

Voor een globale indruk van mogelijke inkomenseffecten, wordt in figuur 2.24 een cross-sectioneel verband tussen de penetratie van de auto en het bruto nationaal produkt per inwoner gegeven. Het spreekt voor zich dat een dergelijke momentane doorsnede geen éénduidige indicatie geeft voor ontwik-

kelingen in de tijd. Het gegeven patroon maakt echter wel waarschijnlijk dat inkomensvergroting in ontwikkelde landen een dalende invloed zal hebben op de toename van de penetratie van het autobezit.

Figuur 2.24 Het verband tussen de penetratie van de personenauto en het bruto nationaal produkt per inwoner, voor een aantal landen, anno 1976



Bron: The world in figures, The Economist Newspaper Limited, 1978

De technische ontwikkeling op het gebied van de auto zou als volgt kunnen worden samengevat: in functioneel opzicht geen revolutionaire veranderingen, maar een stap-voor-stap evolutie naar meer kwaliteit. Voor deze, in functioneel opzicht graduele ontwikkeling moet soms wel een aanzienlijke technische prestatie worden verricht, hetgeen zich zal doen voelen in de prijs van de extra voorzieningen of de kwaliteitsverbeteringen.

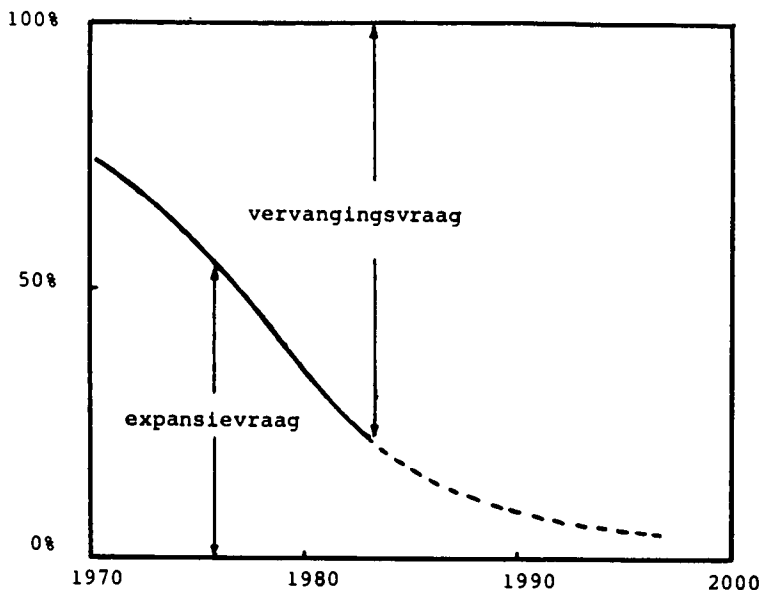
De verschillende technische ontwikkelingen worden op de volgende bladzijde meer in detail weergegeven. Het gaat daarbij zowel om verbeteringen van het produktieproces als om verbeteringen van de auto zelf.

De huidige technische ontwikkeling van de auto

-
- | | |
|--------------------------------------|---|
| <u>nieuwe productie-technologie</u> | <ul style="list-style-type: none">- vergaande automatisering produktiestraten, robotica- flexibele produktie met tijdens produktieproces aanpassing aan eisen van de klant- gebruik van computertechnieken bij ontwerp van auto's- andere produktiemethoden door overgang op nieuwe materialen |
| <u>toenemend gebruik elektronica</u> | <ul style="list-style-type: none">- betere regeling van verbrandingsproces, rendementsverhoging- meer controlefuncties, zelfdiagnose, verhoogde betrouwbaarheid- extra functies ("smart devices"), elektronisch gestuurde mechanische functies (zoals "smart suspension") |
| <u>verminderd brandstofverbruik</u> | <ul style="list-style-type: none">- door betere motordimensionering, elektronische regeling en aërodynamische vormgeving minder brandstofverbruik |
| <u>vormgeving</u> | <ul style="list-style-type: none">- geen revolutionaire veranderingen, slechts enkele aërodynamische verbeteringen van de basisvorm- steeds minder fabrikanten die steeds groter worden, produceren een steeds afnemend aantal typen constructies in een voor het oog toenemend aantal uitvoeringen |
| <u>constructie</u> | <ul style="list-style-type: none">- gebruik van nieuwe materialen (plastics, keramiek)- auto's worden minder zwaar bij behoud van mechanische eigenschappen |
| <u>brandstoffen</u> | <ul style="list-style-type: none">- voorlopig geen significante overgang op andere brandstoffen (alcohol, elektrische aandrijving), afgezien van introductie van loodvrije benzine |
| <u>veiligheid</u> | <ul style="list-style-type: none">- voor zover bepaald door autoconstructie, in principe toenemende veiligheid door verbeterde constructie, betere controlefuncties en defectindicaties |
| <u>milieu-aantasting</u> | <ul style="list-style-type: none">- per afgelegde km minder vervuiling door betere regeling van verbrandingsproces, betere motorconstructie en uitlaatgasreiniging (katalyse) |
| <u>verkeersregeling/begeleiding</u> | <ul style="list-style-type: none">- verbeterde verkeersregelsystemen- nieuwe systemen voor navigatie op de weg (bijv. CD-kaartsystemen, satellietcommunicatie)- mobiele communicatie met thuisfront en anderen |
-

De vraag naar personenauto's krijgt in ontwikkelde landen steeds meer het karakter van een vervangingsvraag. Deze ontwikkeling wordt, voor Nederland, zichtbaar gemaakt in figuur 2.25.

Figuur 2.25 De markt voor personenauto's in Nederland



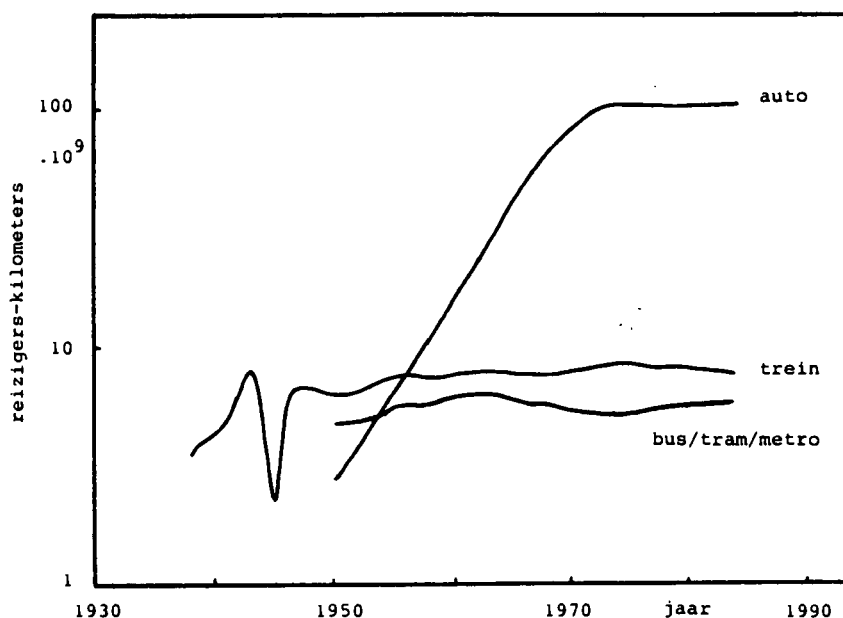
Bron: H. Kox, De personenauto-industrie, Instituut voor ontwikkelingsvraagstukken, 1981

De bijdrage die de personenauto geeft aan economische groei is zowel direkt als indirekt. Het is aannemelijk dat de indirekte bijdrage een sterke correlatie zal vertonen met het aantal per auto per tijdseenheid afgelegde kilometers. Deze afgelegde afstand blijkt nu vrijwel constant te zijn, of zelfs enigszins te dalen. In de Verenigde Staten bedroeg de afstand die per auto per jaar wordt afgelegd in 1930 ongeveer 13.000 km, en in 1970 14.000 km (7). In Nederland was dit 19.000 km in 1950 en 15.000 km in 1980 (8). Deze cijfers betekenen dat de indirekte bijdrage aan economische groei vooral een penetratiekwestie was. De toename van mobiliteit trad uitsluitend op bij eerste aanschaf. De verschuiving naar vervanging impliceert derhalve dat ook de indirekte groeiimpuls die uitgaat van de auto sterk is afgenomen.

2.4.2 De trein

De trein is een vervoersmiddel dat vooral in de vorige eeuw en in het begin van deze eeuw belangrijke maatschappelijke veranderingen teweeg heeft gebracht. Sindsdien is in het gebruik van dit vervoersmiddel een zekere stabilisatie opgetreden. Enkele gegevens worden samengevat in figuur 2.26.

Figuur 2.26 Mobiliteit in Nederland

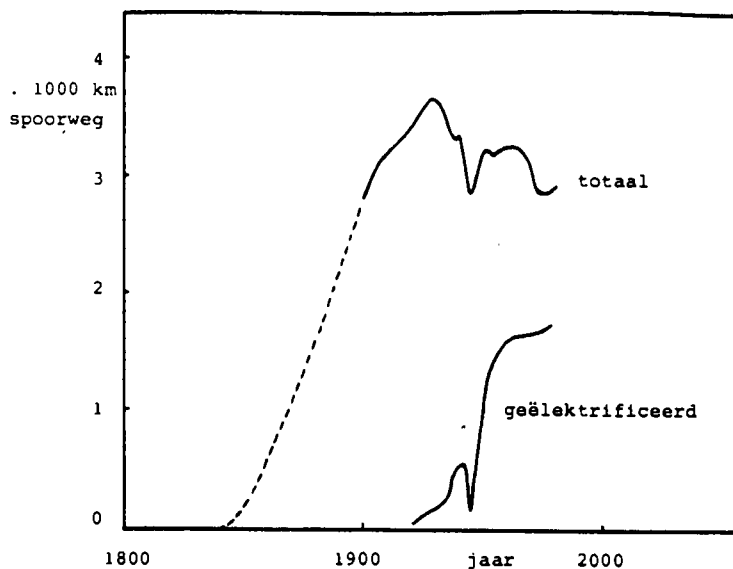


Bron: CBS, Tachtig jaren statistiek in tijdreeksen, 1979, aangevuld met enkele recente gegevens.

Gemeten in reizigers-kilometers komt, zoals eerder gesteld, de grote toename van de mobiliteit na de tweede wereldoorlog vrijwel geheel voor rekening van de auto.

Tezamen met het aantal reizigers-kilometers vertonen ook de infrastructurele voorzieningen voor de trein in bepaalde opzichten een stabilisatie. In figuur 2.27 wordt de totale lengte van het spoorwegnet tegen de tijd uitgezet. De figuur geldt voor Nederland, andere ontwikkelde landen vertonen in grote lijnen een zelfde beeld. Na de laatste wereldoorlog was sprake van een aanzienlijke "upgrading" van het spoorwegnet. Dit komt onder meer tot uiting in de toegenomen elektrificatie.

Figuur 2.27 De lengte van het spoorwegnet in Nederland



Bron: CBS, Tachtig jaren statistiek in tijdreeksen, 1979

De technische ontwikkeling op het gebied van treinvervoer kan als volgt worden samengevat:

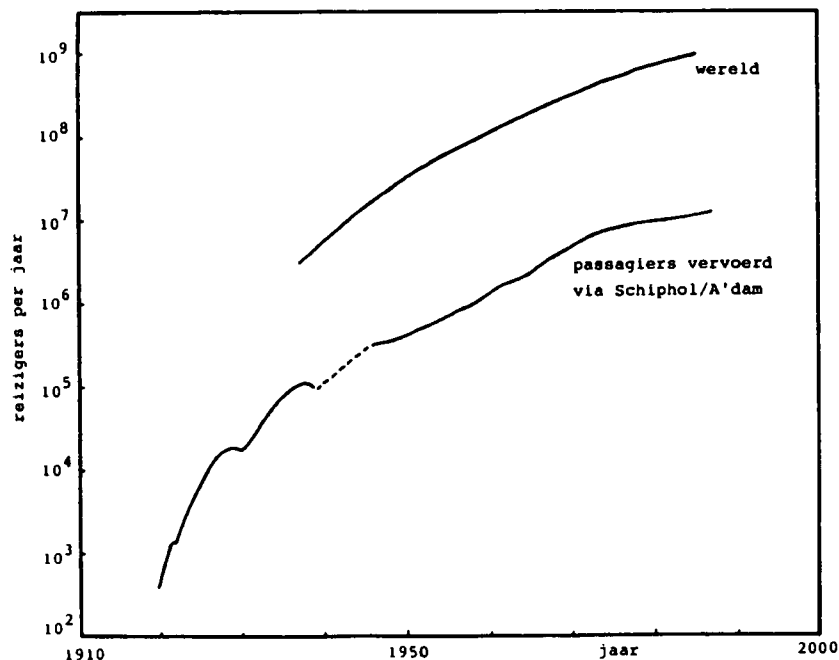
- voortgaande "upgrading" van het spoorwegnet, introductie van geavanceerde systemen voor beveiliging, besturing en verkeersafhandeling;
- toenemende automatisering van de dienstverlening, voor een deel zich uitende in kwaliteitsverhoging (snellere boeking enz.);
- verbetering van het rollend materieel, verdergaande automatisering en digitalisering van controle-, besturings- en communicatiesystemen, minder energieverbruik, meer rijcomfort;
- verhoging van de rijsnelheid. Deze ontwikkeling is vooral voor de grotere afstanden van belang. Een succesvol voorbeeld is de Franse TGV (train à grande vitesse) met een maximale snelheid van ruwweg 300 km/uur. Dergelijke snelle treinen kunnen vliegverbindingen op de middellange afstand concurrentie aandoen. Zij hebben niet de lange wachttijden van vliegtuigen, zij zijn minder duur en zij hebben een goede bereikbaarheid omdat zij veelal in de bestaande spoorweg-infrastructuur kunnen worden ingepast. Voor snelheden boven 200 km/uur zijn wel nieuwe railverbindingen nodig, voor snelheden boven 400 km/uur voldoen rails niet

meer en zijn andere geleidingssystemen nodig. Alhoewel kleine landen kunnen worden aangesloten op nieuwe snelnetten, zijn deze ontwikkelingen vooral voor de grotere landen van belang.

2.4.3 Het_vliegtuig

Het vliegtuig biedt uitstekende mogelijkheden voor snel transport over grote afstanden. De ontwikkelingen in de burgerluchtvaart zijn dan ook stormachtig geweest. Het aantal passagiers dat jaarlijks wordt vervoerd is in de loop der tijd sterk toegenomen, tot ruwweg 1 miljard per jaar in de laatste jaren. De gemiddelde afstand die per vlucht wordt afgelegd, is toegenomen van 560 km in 1937 tot 1520 km in 1984. De laatste 20 jaar heeft deze gemiddelde afstand per vlucht zich nauwelijks gewijzigd. Het luchttransport van goederen vertoont een soortgelijk beeld, ook daar was sprake van een stormachtige ontwikkeling. De ontwikkeling van het personenvervoer in de luchtvaart wordt samengevat in figuur 2.28.

Figuur 2.28 Het aantal luchtvaartpassagiers dat per jaar wordt vervoerd



Bron: compilatie WRR

In bovenstaande figuur is een trendmatige daling van de groei van het aantal jaarlijkse passagiers zichtbaar. Extrapolatie van deze trend levert tot het jaar 2000 voor de gehele wereld een gemiddelde jaarlijkse groei van 4 à 5% van het totale aantal passagiers op. Een behoorlijke groei, zij het dat die wel lager is dan de gemiddelde groei van de afgelopen decennia.

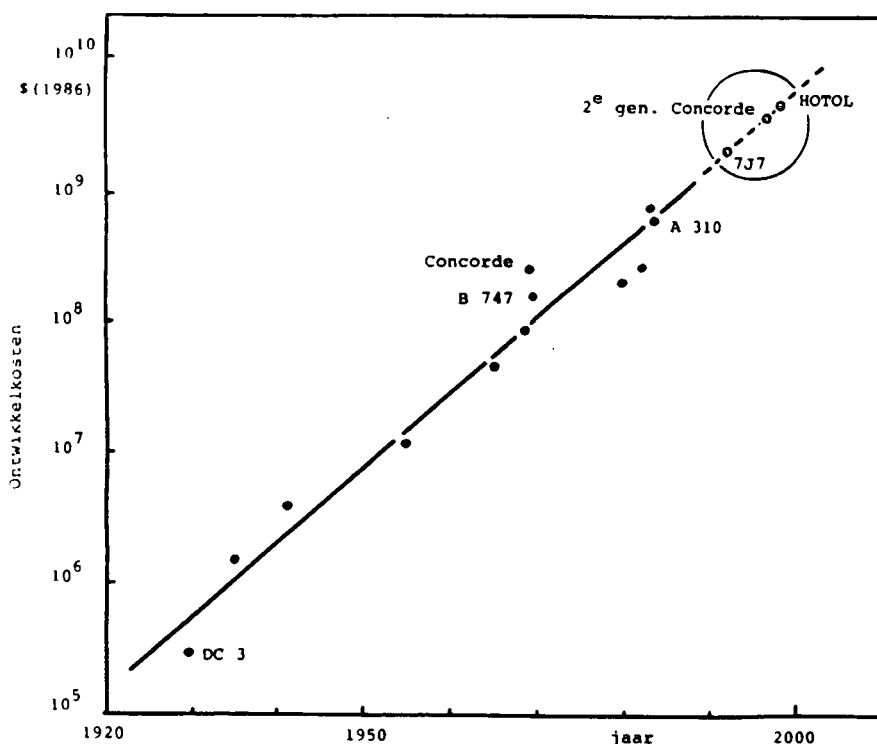
In de technische ontwikkeling van het vliegtuig kunnen, zeer globaal, twee perioden worden onderscheiden. Tot rond 1970 werd getracht de markt te vergroten door de techniek te richten op verbetering van de technische prestaties van het vliegtuig. De vliegtuigen werden sneller en groter, kregen een grotere actieradius, werden comfortabeler en minder gevoelig voor weersomstandigheden en er was sprake van een toenemende veiligheid. Sinds 1970 zijn er verschuivingen opgetreden. Er is een periode aangebroken waarin getracht wordt de markt te behouden en te vergroten door, bij gegeven snelheid en grootte van de vliegtuigen, te besparen op interne en externe exploitatiekosten. De techniek is gericht op brandstofbesparing, gewichtsbesparing, vermindering van de geluidsoverlast, stroomlijning van de organisatie en automatisering, zowel aan boord als aan de grond. De veiligheid blijft uiteraard een zaak van aanhoudende aandacht.

Genoemde verschuiving in het accent van technische ontwikkeling is voor een deel conjunctureel. Zij wordt veroorzaakt door de economische teruggang van de laatste decennia. Dit betekent dat, als de economische groei weer op duurzame wijze aantrekt, er weer een periode kan komen met een snelle verbetering van de technische prestaties van vliegtuigen in termen van snelheid en grootte. Gedacht zou daarbij kunnen worden aan supersone vliegtuigen die vele malen de geluidssnelheid vliegen en aan mammoetvliegtuigen met 1000 of meer passagiers. Alhoewel de huidige situatie nog steeds is te betitelen als een besparingsfase, bestaan er nu reeds plannen voor een nieuwe generatie supersone vliegtuigen. Gewezen kan worden op de plannen voor een opvolger van de "Concorde" en op de diverse plannen voor ruimtevliegtuigen. Het betreft hier echter ontwikkelingen waarvan het tot stand komen nog zeer onzeker is en waarbij, als zij al (ongetwijfeld met veel overheidssteun) tot stand komen, de economische winstgevendheid nog bijzonder onzeker is.

In dit kader moet worden gewezen op de sterk toenemende ontwikkelkosten van nieuwe vliegtuigtypen. Deze stijgen tot bijna astronomische hoogten. Er bestaat, zeker voor de meer exotische vliegtuigtypen, een toenemende kans dat de ontwikkelkosten niet op redelijke termijn kunnen worden terugverdiend. Alleen een aanzienlijke concentratie en coöperatie aan de productiezijde kan dit gevaar verminderen.

Genoemde trendmatige toename in de ontwikkelkosten wordt weergegeven in figuur 2.29. In deze figuur zijn ook enkele gegevens betreffende nieuwe plannen opgenomen. Deze maken aannemelijk dat de trend zich voorlopig zal voortzetten. Het is natuurlijk duidelijk dat de gepresenteerde gegevens, niet alleen voor de nieuwe vliegtuigtypen maar ook voor de reeds geïntroduceerde vliegtuigtypen, slechts moeten worden gezien als een globale indicatie.

Figuur 2.29 Toenemende kosten voor de ontwikkeling van nieuwe vliegtuigtypen



Bron: onder meer gebaseerd op gegevens uit A History of Technology, vol IV, Clarendon Press, Oxford, 1978

Ter afsluiting van dit onderdeel van de studie wordt een samenvatting gegeven van de huidige technische ontwikkeling op vliegtuiggebied:

- ruim gebruik van computertechnieken bij het ontwerp en testen van nieuwe vliegtuigtypen. Hierdoor besparing van tijd en kosten, hetgeen overigens de in figuur 2.29 gegeven trend (nog) niet zal doen ombuigen;
- verlaging van het brandstofverbruik, door toepassing van lichtere materialen (composieten, metaallegeringen), aërodynamische verfijning, betere motorconstructie en nieuwe controle systemen, hierdoor ook geluidsarmer;
- verhoging van de veiligheid, door meer betrouwbare constructie, anti-botsingsapparatuur en detectiesystemen voor "wind shear" en andere vormen van luchtturbulentie;
- nieuwe controle- en displaysystemen aan boord, "fly by wire", digitale procesvoering met separate controle-mechanismen;
- gebruik van geavanceerde apparatuur voor de opleiding van piloten, hiermee realistische nabootsing van weinig voorkomende (nood)situaties tijdens de vlucht;
- introductie van geavanceerde vluchtbegeleidings- en landingssystemen, digitalisering en automatisering; introductie mede noodzakelijk om toenemende congestie rond luchthavens het hoofd te bieden.

2.4.4 Scheepvaart

Het schip is een transportmiddel dat reeds eeuwen een bijdrage levert aan economische produktie. De technische ontwikkeling van het schip is aanzienlijk geweest en heeft geleid tot de introductie van nieuwe scheepsvormen, het gebruik van betere materialen en nieuwe methoden van voortstuwing.

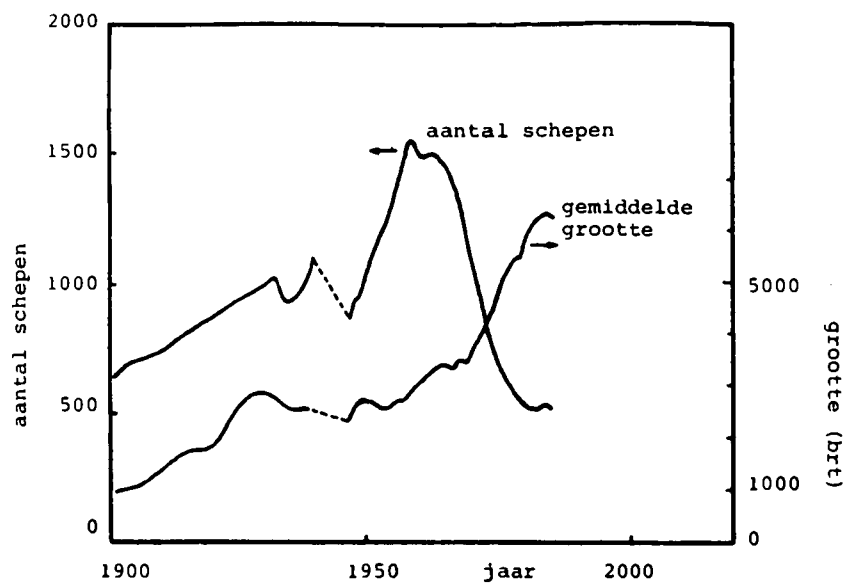
De belangrijkste technische ontwikkelingen van dit moment zijn:

- een toenemende gebruik van computers en aanverwante apparatuur bij het ontwerp en de bouw van schepen. Mede hierdoor een verdere optimalisering van het vaargedrag (scheepsvorm, motoren, schroefvorm, trillingsonderzoek, energieverbruik);
- een toenemend gebruik van computerapparatuur aan boord. Ook brugtaken worden steeds meer geautomatiseerd. In dit kader kunnen ook geavanceerde systemen voor (satelliet)communicatie en navigatie worden genoemd;
- een verminderde trend naar schaalvergroting, dat wil zeggen de gemiddelde grootte van schepen zal waarschijnlijk nog toenemen, de grootte van de grootste schepen zal zich echter in toenemende mate stabiliseren. Opkomst van kleine en middelgrote geavanceerde schepen voor speciale taken;
- toenemende automatisering van overslag-, opslag- en distributiefuncties van grote(re) havens. Goederenstromen en informatiestromen voor de afhandeling van het transport worden meer gekoppeld. Opkomst van wereldwijde systemen.

De scheepvaart wordt over het geheel genomen reeds enige tijd gekenmerkt door een aanzienlijke overcapaciteit. Een globale indicatie van de ontwikkelingen wordt, voor de Nederlandse Koopvaardijvloot, gevonden in figuur 2.30. Zichtbaar is een sterke terugval in het aantal schepen sinds het begin van de jaren zestig. Alhoewel de gemiddelde grootte van de schepen sterk is toegenomen, heeft dit de daling van het aantal niet kunnen compenseren. De totale transportcapaciteit van de Nederlandse Koopvaardijvloot (zeevaart) is sinds 1960 met bijna 40% gedaald.

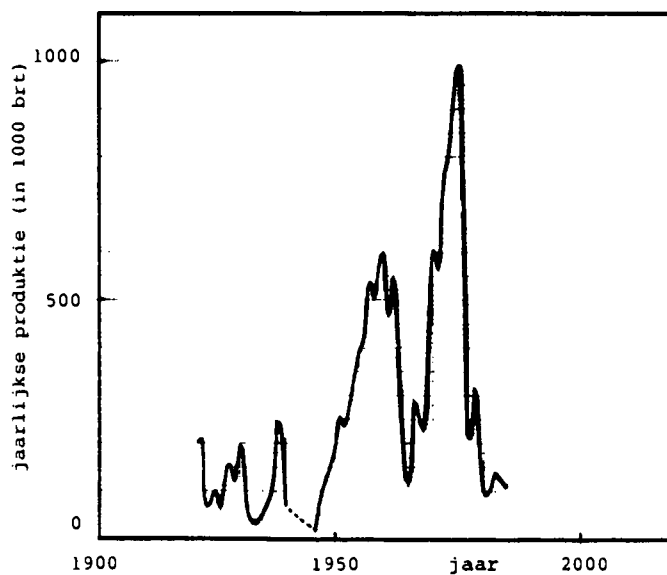
De scheepvaart en de daarmee verbonden scheepsbouw hebben een sterke gevoeligheid voor de conjunctuur. Door de grote traagheden bij de bouw van schepen (lange levertijden, vrijwel geen zinvolle voorraadvorming mogelijk) bestaat er een uitgesproken tendens tot cyclisch gedrag. Figuur 2.31 bevat hiervan een voorbeeld.

Figuur 2.30 De Nederlandse Koopvaardijvloot voor zeevaart: het totale aantal schepen en de gemiddelde grootte van deze schepen



Bron: CBS, Tachtig jaren statistiek in tijdreeksen, 1979

Figuur 2.31 Het jaarlijkse volume (in bruto registerton) van de gereed gekomen zeevarende handelsschepen in Nederland



Bron: CBS, Tachtig jaren statistiek in tijdreeksen, 1979

Aangezien vele van de eerder gebouwde schepen langzamerhand aan vervanging toe zijn, zou voor de komende jaren een opleving van de scheepsbouw kunnen worden verwacht. Het spreekt echter voor zich dat dergelijke prognoses in een grillige markt als de scheepsbouw zeer onzeker zijn. Naast conjuncturele factoren zijn er ook structurele factoren in het geding. Niet alle landen zullen op dezelfde wijze profiteren van een eventuele opleving. Zo is er reeds jaren sprake van een geografische verschuiving in produktie. Het aandeel van Japan is de laatste decennia sterk toegenomen, dat van West-Europa afgenomen. Verder doen zich structurele verschuivingen voor in de mondiale handelsstromen, hetgeen van invloed is op de lokalisatie van nieuwbouw- en reparatiebedrijven. Tot slot kan worden gewezen op de toenemende concurrentie van andere transportmiddelen (vliegtuig, pijpleidingen).

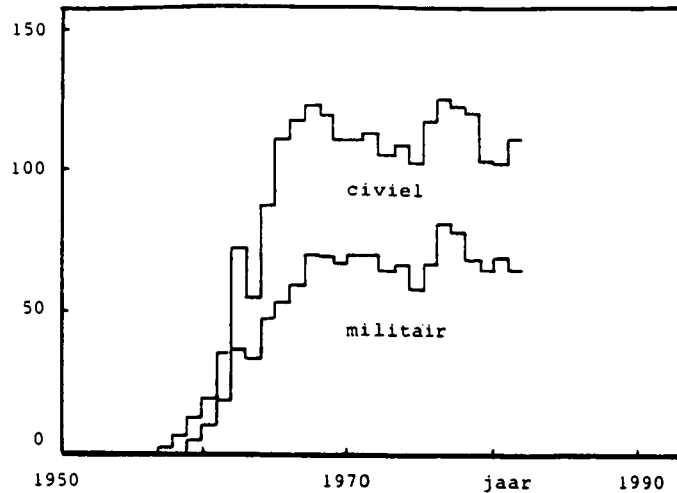
2.4.5 Ruimtevaart

Bij ruimtevaart gaat het uiteraard om veel meer dan alleen maar transport. Het transport zelf is slechts een, zij het wel cruciaal, onderdeel van een grote verzameling van activiteiten. De volgende kunnen worden genoemd:

- wetenschappelijk onderzoek, zowel van de ruimte als van diverse systemen onder micro-zwaartekracht condities
- exploratie van hemellichamen
- communicatie
- navigatie
- aardobservatie
- militaire toepassingen, passieve ondersteunings- en controlesystemen, wellicht ook actieve wapensystemen in de ruimte
- industriële toepassingen, synthese en bewerking van stoffen onder micro-zwaartekrachtcondities.

De technische en economische ontwikkelingen in de ruimtevaart gaan snel. Er is daarbij in zijn totaliteit geen sprake van een sterke toename van het aantal satellieten dat per jaar wordt gelanceerd. Dit aantal heeft zich, zoals is te zien in figuur 2.32, reeds lang geleden gestabiliseerd.

Figuur 2.32 Het aantal satellieten dat jaarlijks succesvol wordt gelanceerd (wereld)



Bron: M.S. Smith, The first quarter-century of spaceflight, Futures, oktober 1982, 353-373

De technische ontwikkeling uit zich vooral in het groter, zwaarder, krachtiger en complexer worden van het ruimte-segment - de satelliet - en van de lanceersystemen.

Door vergroting van het uitgestraalde vermogen van de satelliet en door andere ontwikkelingen op elektronisch gebied kan worden volstaan met steeds kleinere ontvangstations. Gebruik van de geostationaire baan, waardoor de satelliet gezien vanaf de aarde stil staat, maakt relatief dure volgmechanismen overbodig. Door toenemende capaciteit en complexiteit aan boord kunnen communicatiesatellieten steeds meer op technisch en economisch zinvolle wijze in bestaande telecommunicatienetten worden geïntegreerd.

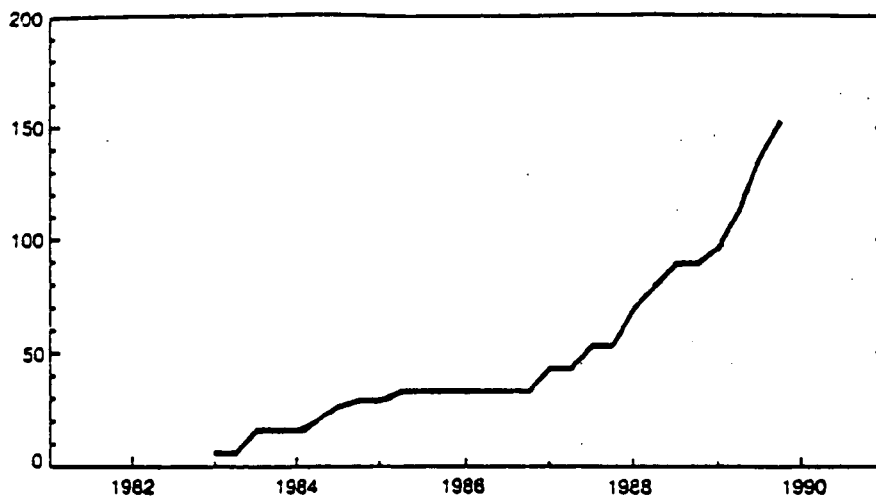
In het gebruik van de ruimte zijn ruwweg twee trends te onderscheiden: commercialisering en militarisering van de ruimte. Commercialisering kan betekenen dat slagvaardiger wordt opgetreden en dat meer rekening wordt gehouden met de vereisten van de markt. Een gebied waar commercialisering sterk, en over het geheel genomen met succes, is voortgeschreden is communicatie. Aan commercialisering, in de zin van een scherpe momentane economische optimalisatie, kunnen echter bij grootschalige en risicovolle activiteiten als ruimtevaart ook nadelen zijn verbonden. Een enkel voorbeeld kan dit verduidelijken. De ontwikkeling van het Amerikaanse Space Transportation System (STS, ook wel Space

Shuttle genoemd) heeft zeer hoge kosten met zich mee gebracht. Om deze hoge vaste kosten enigszins te rentabiliseren, is er een sterke tendens geweest vrijwel alle Amerikaanse lanceeractiviteiten in dit programma te concentreren. Eveneens was er een grote druk om, zelfs bij technische problemen, vast te houden aan eerder vastgestelde lanceerschema's. Het ongeluk met de Challenger heeft laten zien dat een dergelijke concentratie en tijdsdruk, die werden opgeroepen door een sterke drang tot economische optimalisatie, grote nadelen met zich mee kan brengen. Door verontachtzaming van andere lanceermogelijkheden is er binnen de Verenigde Staten gedurende enkele jaren een groot tekort aan lanceercapaciteit ontstaan.

Het tweede punt is de voortgaande militarisering van de ruimte. Meer dan de helft van alle ruimtevaartbestedingen in de wereld (ruim \$40 miljard in 1983) is gericht op militaire activiteiten. Nu nemen dergelijke activiteiten reeds sinds het begin van de ruimtevaart een belangrijke plaats in. Een vrij essentiële verandering is echter dat, voor zover dat te beoordelen is, op relatief grote schaal wordt gewerkt aan de ontwikkeling van actieve wapensystemen in de ruimte, anti-satelliet- en (anti)ⁿ-satellietsystemen. De technische haalbaarheid en de strategische zinvolheid van sommige van deze systemen worden, zeker voor de korte en middellange termijn, door velen ernstig betwijfeld.

De bestedingen voor ruimte-activiteiten nemen sterk toe. Deze toename blijft niet zonder gevolgen. Als alle formele contracten worden uitgevoerd, zal er op sommige gebieden een zeer snelle toename in satellietcapaciteit ontstaan. In Europa kan zelfs een aanzienlijke overcapaciteit ontstaan. Er ontwikkelt zich daar een situatie waarin niet zozeer de beschikbaarheid van hardware (overdrachtscapaciteit) een probleem is, maar veeleer de beschikbaarheid van aantrekkelijke diensten om deze overdrachtscapaciteit economisch rendabel te gebruiken. De ontwikkelingen voor Europa worden samengevat in figuur 2.33.

Figuur 2.33 De verwachte groei van het aantal satelliet-transponders in Europa (laag vermogen, geschikt voor TV-distributie en andere diensten)



Bron: J. Chaplin, *Satellite Systems Development in Europe and the Opportunities for Information Dissemination*, ESA Bulletin, 47, augustus 1986

De direkte werkgelegenheid van ruimtevaart-activiteiten is relatief gering. In 1983 waren in West-Europa ongeveer 31.000 mensen direct in de ruimtevaart werkzaam. In Nederland waren dat er enkele honderden (9). Een significante bijdrage aan de totale werkgelegenheid moet derhalve vooral komen van indirecte activiteiten (zoals spin-off naar andere activiteiten, dienstverlening via satellieten).

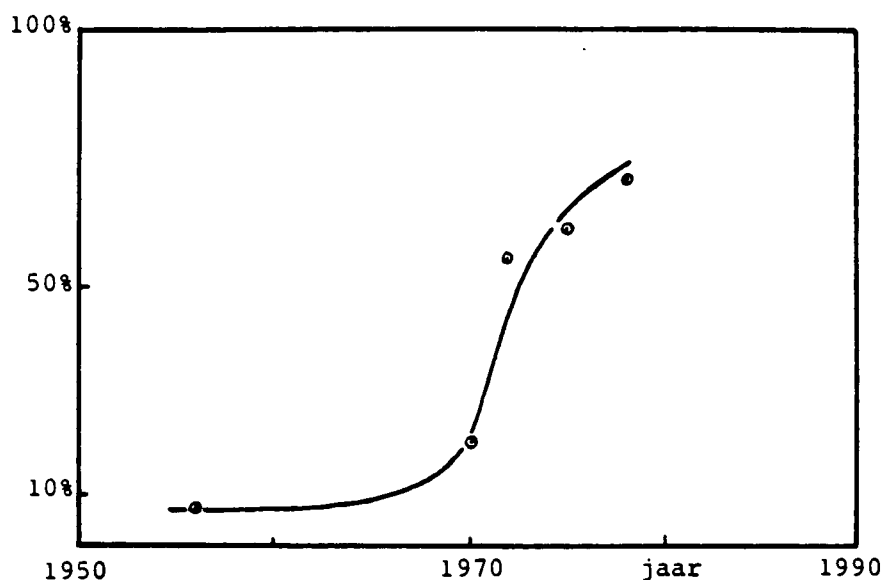
2.5 Overige technieken

2.5.1 Medische techniek

De medische wetenschap is, althans voor zover het de behandeling van patiënten betreft, van ouds overwegend fenomenologisch. Het zoeken naar genezingsmethoden was en is nog voor een groot deel gebaseerd op "trial and error". Dit heeft tot gevolg gehad dat de medische wetenschap zich soms op de rand van stuntwerk bevindt.

De vooruitgang in behandelingsmethoden is groot geweest. Voor vele ziekten zijn de genezingskansen sterk toegenomen. Een recent voorbeeld wordt gegeven in figuur 2.34.

Figuur 2.34 De overlevingskans (>5 jaar) voor kinderen met leukemie, als functie van de tijd



Bron: J. Cairns, The treatment of diseases and the war against cancer, Scientific American, november 1985, 31-39

Er zijn indicaties dat de vooruitgang die nog met genoemde fenomenologische methode geboekt kan worden, tegen grenzen aanloopt. Voor een verdere vooruitgang moet meer doelgericht en multidisciplinair worden gewerkt. In het fenomenologische karakter van de medische wetenschap begint dan ook, zij het langzaam, verandering te komen. Mede door verbeterde technische onderzoeksmiddelen neemt de kennis over de moleculaire achtergrond van fysiologische processen sterk toe. Meer en meer ziektes kunnen worden

gerelateerd aan moleculaire structuren en cellulaire processen, en aldus beter worden "begrepen". Deze ontwikkeling zal zeker leiden tot een aanzienlijke uitbreiding van de beschikbare diagnostische en therapeutische methoden.

Zoals gesteld, de ontwikkeling op medisch gebied gaat snel. Vrijwel alle basistechnieken vinden een toepassing (micro-elektronica, biotechnologie, nieuwe materialen). Hieronder volgt een korte samenvatting van de technische ontwikkeling op medisch gebied.

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;
- 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 geavanceerde onbloedige diagnosetechnieken (zoals computer assisted tomography, NMR, geluid);

- immunodiagnostica, zeer gevoelige en specifieke analytische technieken gebaseerd op monoclonale antilichamen en enzymen, ontwikkeling van diagnosekits waardoor het aantonen van 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-expert-systemen;
- nieuwe apparatuur en voorzieningen voor diagnose op afstand;
- automatisering van laboratoria, aanzienlijke verhoging van produktiviteit.

Therapie

- ruimere beschikbaarheid van menselijke hormonen en enzymen, hierdoor meer mogelijkheden voor hormoon- en enzymtherapie;
- alternatieve produktiewegen voor bestaande stollingsfactoren, nieuwe stollingsfactoren en vele andere proteïnen;
- toepassing van immunomediators (stoffen die het afweermechanisme beïnvloeden, zoals interferonen, lymfokynen);
- betere methoden voor extra-corporele bloedzuivering: onder meer door gebruik te maken van zeer specifieke monoclonale antilichamen, hierdoor onder bepaalde voorwaarden genezing van vroeger dodelijke vergiftigingen (sommige paddestoelen, planten enz.);
- nieuwe systemen voor in vivo "drug targetting";
- systemen voor in vivo geneesmiddelafgifte (passief en actief met sensoren);
- nieuwe generatie antibiotica;
- middelen ter vertraging van sommige verouderingsverschijnselen;
- lasertechnieken;
- ultrasoontechnieken (diagnose, niersteenvergruizers)
- 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 diagnosetechnieken, immunotherapie ondersteund met rDNA-produkten);
- verbetering van operatie-apparatuur, bewaking en behandeling;
- soms 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 (prothesen voor heup, knie en schouder, kunstledematen, bot, tanden, hartkleppen), bij externe middelen meer draagcomfort en bedieningsgemak, eenvoudiger en betere besturing, meer levensduur, 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 euthanasietechnieken.

Organisatie

- verbetering van archivering door verdere introductie van computersystemen;
- stroomlijning van organisatie, ondersteuning van diagnose en therapie met behulp van computer-expert-systemen;
- verdere automatisering van administratieve activiteiten en laboratoriumhandelingen.

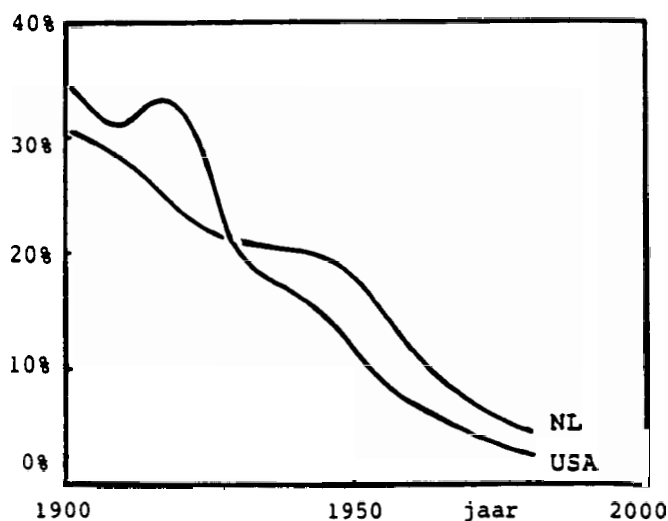
Het spreekt voor zich dat hierboven slechts een globaal beeld van de technisch-medische ontwikkeling wordt gegeven. Niet alle ontwikkelingen gaan even snel. Bij sommige doen zich nog aanzienlijke technische of medische problemen voor. Zo blijken bij sommige, in eerste instantie veelbelovende, geneesmiddelen de bijwerkingen erger te zijn dan de kwaal. In andere gevallen worden de middelen in het lichaam te snel afgebroken of uitgescheiden om een therapeutische werking te kunnen hebben. Waar geneesmiddelen vroeger soms te grof bleken, zijn nieuwe middelen nu soms te specifiek (monoclonale antilichamen die zo selectief zijn dat zij, in het meest gunstige geval, slechts één van de vele celsoorten in een gedifferentieerde tumor aantasten; vaccins die slechts werkzaam blijken te zijn tegen één enkele variant van een genetisch zeer veranderlijk virus). *In vitro* resultaten zijn niet zonder meer overplantbaar in *in vivo* situaties, en *in vivo* resultaten in gespecialiseerde centra zijn niet zonder meer maatgevend voor de resultaten in gemiddelde ziekenhuizen. Dergelijke of soortgelijke problemen deden zich natuurlijk ook vroeger voor. Het ontwikkelen van nieuwe geneesmiddelen is, gemiddeld genomen, nooit een eenvoudige zaak geweest. De genoemde problemen dwingen alleen tot realiteit ten aanzien van het tempo waarmee vooruitgang zal worden geboekt. Er zijn echter niet alleen technische en medische problemen die tot realiteit dwingen. Bij sommige ontwikkelingen doen zich ethische, sociale en sociaal-economische problemen voor. Het is duidelijk dat ook deze problemen van invloed zijn op het tempo waarmee de desbetreffende ontwikkelingen zich voltrekken.

Over de economische kant van de zaak, kan de volgende opmerking worden gemaakt. De gezondheidszorg neemt in de economie een belangrijke plaats in. De uitgaven voor de gezondheidszorg, als percentage van het bruto nationaal inkomen, zijn in alle ontwikkelde landen de laatste decennia gestadig toegenomen. In Nederland van 3,9% in 1960 tot 8,8% in 1983 en in de Verenigde Staten van 5,3% tot 10,8% in dezelfde periode (10). Voor de komende jaren wordt over het algemeen een geringere groei verwacht.

2.5.2 Voedseltechniek

Voor de voedselvoorziening zijn onder meer de landbouw (veeteelt, akkerbouw en tuinbouw), de visserij en de voedingsmiddelenindustrie van belang. Economisch gesproken kan de toestand in de landbouw en de visserij in zijn totaliteit worden gekarakteriseerd door toenemende produktie en afnemende werkgelegenheid. De daling van de directe werkgelegenheid wordt zichtbaar gemaakt in figuur 2.35. Het gaat hier om een trendmatige ontwikkeling die ook in vele andere ontwikkelde landen wordt aangetroffen.

Figuur 2.35 Het percentage van de beroepsbevolking werkzaam in landbouw en visserij

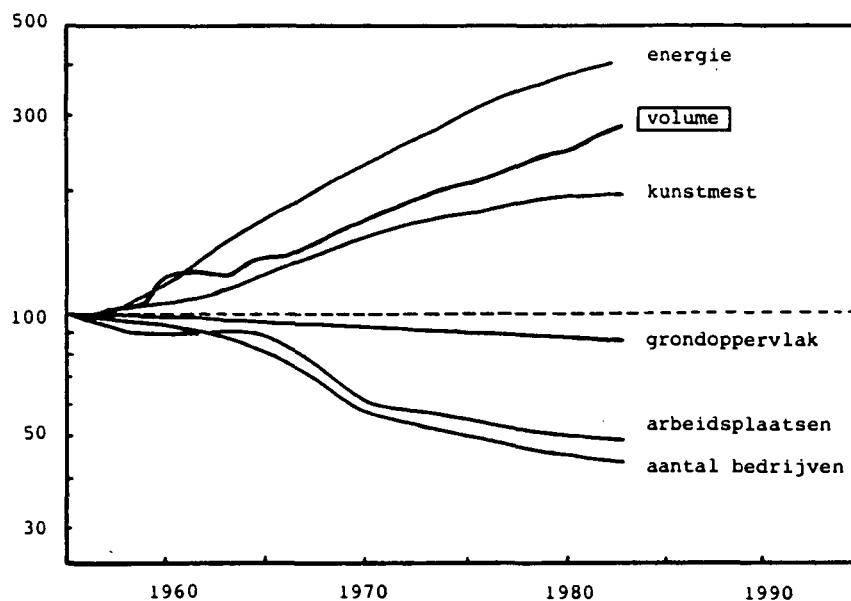


Bron: USA: M.U. Porat, The Information Economy, U.S. Department of Commerce, 77-12(1), mei 1977

NL : CBS

Meer gedetailleerde informatie over de landbouwontwikkelingen in Nederland wordt gegeven in onderstaande figuur.

Figuur 2.36 Relatieve ontwikkelingen (1955 = 100) in de Nederlandse landbouw



Bron: compilatie WRR

Het aantal arbeidsplaatsen en het totale grondoppervlak zijn zowel in absolute zin als in relatieve zin (dat wil zeggen ten opzichte van het produktievolume) afgenomen. Het kunstmestgebruik is op zich toegenomen, maar ten opzichte van het produktievolume gedaald (efficiënter gebruik). Het (direkte) energieverbruik is zowel absoluut als relatief toegenomen. Het laatste is vooral een gevolg van substitutie van arbeid door energie (en kapitaal). Het aantal landbouwbedrijven is gedaald, het gemiddelde aantal arbeidsplaatsen per bedrijf is ongeveer constant gebleven terwijl het produktievolume per bedrijf sterk is toegenomen. Een landbouwbedrijf in Nederland was in 1980 qua produktievolume gemiddeld 5x groter dan in 1955 en qua grondoppervlak bijna 2x groter.

Bovenstaande ontwikkelingen hangen voor een deel samen met de technische ontwikkeling. De technische ontwikkeling in de landbouw was de afgelopen decennia vooral gericht op:

- opbrengstverhoging per hectare of per dier;
- verhoging van de arbeidsproductiviteit, door mechanisering en automatisering;
- schaalvergroting en betere cultuur-technische vormgeving (zoals ruilverkaveling in Nederland)

In de visserij was de techniek onder meer gericht op verbetering van de opsporings- en vangsttechnieken. In de meeste gevallen is dit samengegaan met een aanzienlijke schaalvergroting. In de voedingsmiddelenindustrie heeft zich een geleidelijke overgang van vakmanschap naar industriële procesvoering voltrokken (mechanisering, automatisering, biotechnologische technieken).

In de landbouw zal sprake zijn van een verdergaande mechanisering. Deze mechanisering zal echter in toenemende mate een verfijnd karakter hebben (zoals mechanische onkruidbestrijding, een zorgvuldiger mechanische fruitpluk). Ook de automatisering zal verder oprukken. In landbouwbedrijven zullen computer- en informatiesystemen nog meer dan nu worden ingezet voor boekhoudkundige activiteiten, bedrijfsplanning, plaag- en onkruidbestrijding en individuele behandeling en voeding van dieren. Volledig geautomatiseerde landbouwbedrijven liggen echter nog even ver weg als volledig geautomatiseerde fabrieken. Nieuwe genetische technieken zullen worden ingezet om de opbrengst te verhogen, de bestendigheid van planten tegen ziekten, insecten en bestrijdingsmiddelen te vergroten en de afhankelijkheid van kunstmest te verminderen. Al deze ontwikkelingen tezamen zullen leiden tot een verdere produktiviteitsverhoging in de landbouw. Gegeven een vrij stabiele vraag en de grote concurrentie op de exportmarkt, is derhalve voor de meeste ontwikkelde landen te verwachten dat het deel van de beroepsbevolking dat werkzaam is in de landbouw verder zal afnemen.

Een groot deel van de landbouwproduktie bereikt de consument via de voedingsmiddelenindustrie. De technische ontwikkeling in deze bedrijfstak vertoont grote gelijkenis met die van de chemische industrie. Nieuwe biotechnologische technieken zijn ook voor de voedingsmiddelenindustrie van groot belang (fermentatie, food engineering, nieuwe additieven).

In toenemende mate zullen serieuze imitaties en vervangers van natuurlijke produkten op de markt komen. In sommige gevallen zal de voedingswaarde van deze kunstmatige produkten hoger zijn dan die van de "natuurlijke" produkten.

Conservering speelt een zeer belangrijke rol in de voedselvoorziening. De conserveringstechnieken zullen verder worden verbeterd, hetgeen overigens op zich niet altijd zal leiden tot een beter produkt omdat deze nieuwe technieken onhygiënisch gedrag in andere fasen van de produktie, het transport en de leverantie meer mogelijk maken. Ziekteverspreiding via voedsel zal een zaak van toenemende zorg worden.

Evenals de chemische industrie zal de voedingsmiddelenindustrie worden gekenmerkt door een voortgaande automatisering en verhoging van de arbeidsproduktiviteit. Om dit te bereiken zal in sommige gevallen van batchproduktie worden overgegaan op continue processing. Moderne computersystemen zullen bij de besturing van deze processen een grote rol spelen.

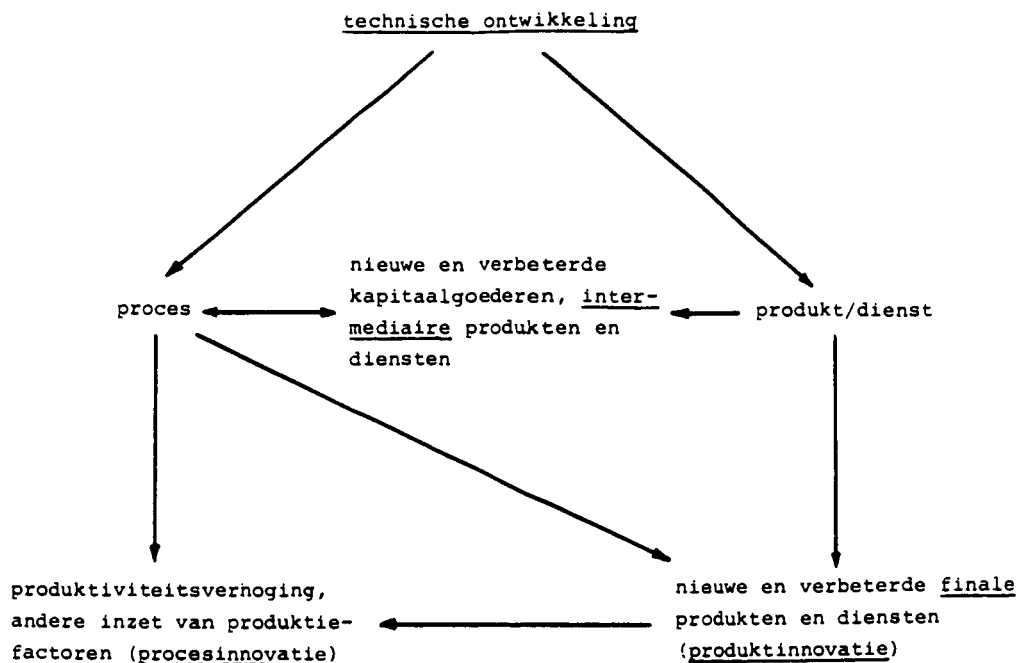
Hoofdstuk 3

ENKELE MACRO-ECONOMISCHE KANTTEKENINGEN BIJ DE
TECHNISCHE ONTWIKKELING

3. ENKELE ECONOMISCHE KANTTEKENINGEN BIJ DE
TECHNISCHE ONTWIKKELING

In het voorgaande hoofdstuk werd een kort overzicht gegeven van de technische ontwikkeling. Met dit overzicht als achtergrond en als informatiebron zal nu met meer aandacht worden gekeken naar de relatie tussen technische ontwikkeling en economische groei. Het is hierbij in geen enkel opzicht de bedoeling een overzicht of samenvatting te geven van de, inmiddels zeer uitgebreide, literatuur op het gebied van techniek en economie. Het doel van dit hoofdstuk is slechts enkele verschijnselen te bespreken en enkele stellingen te poneren die zich zouden kunnen lenen voor verder onderzoek.

Onder economische effectiviteit zal hier worden verstaan het vermogen van de techniek om, in gegeven economische en maatschappelijke context, economische groei te bevorderen. Met deze omschrijving wordt aangegeven dat de economische effectiviteit van technische ontwikkeling niet alleen een functie is van de techniek zelf, maar ook van de maatschappelijke en economische omgeving. In feite is datgene wat in de economische wetenschap technische ontwikkeling wordt genoemd al een resultante van puur technische, economische en maatschappelijke factoren. De beïnvloeding van het economische groeiproces verloopt vooral langs twee wegen: via nieuwe productieprocessen en via nieuwe produkten (en diensten). Daar waar in dit hoofdstuk wordt gesproken over produkten, kan, tenzij anders wordt aangegeven, ook diensten worden gelezen. Produkten en processen kunnen zowel op intermediair niveau als op finaal niveau worden gedefinieerd. In dit hoofdstuk zal onder produktinnovatie worden verstaan nieuwe (of verbeterde) finale produkten en diensten en onder procesinnovatie een betere of andere inzet van produktiefactoren. Het onderscheid tussen beide vormen van innovatie is uiteraard niet scherp. Zij staan niet geheel los van elkaar. Nieuwe finale produkten zijn soms een middel om te komen tot produktiviteitsverbetering. Het geformuleerde onderscheid is echter zinvol, met name omdat de rol van proces- en produktinnovatie in het proces van economische groei niet onder alle omstandigheden volledig gelijk is. Op de volgende bladzijde wordt een schema gegeven dat het besprokene wellicht enigszins verduidelijkt.



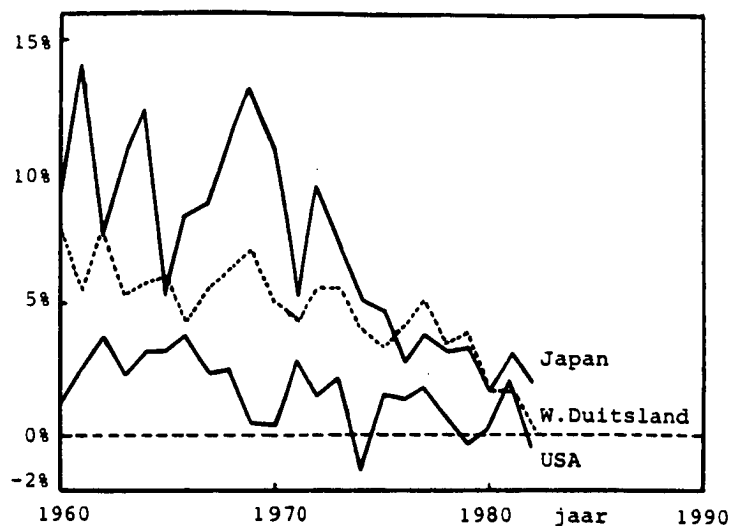
3.1 De economische effectiviteit van technische ontwikkeling in de periode 1955-1975

In deze paragraaf zullen enkele ontwikkelingen worden besproken die een indicatie kunnen geven omtrent de bijdrage die de technische ontwikkeling de afgelopen decennia aan economische groei heeft geleverd. Conform de boven gemaakte opmerking over de wijze waarop de techniek, in eerste benadering, het proces van economische groei beïnvloedt, concentreert de bespreking zich daarbij op procesinnovatie (in termen van produktiviteitsverhoging) en op produktinnovatie.

3.1.1 De daling van de arbeidsproduktiviteitsgroei

De groei van de arbeidsproduktiviteit is, bij volledige bezetting van de beschikbare arbeidskrachten, één van de hoofdmotoren van economische groei. In vele ontwikkelde landen blijkt nu in het laatste deel van de beschouwde periode een aanzienlijke daling van de arbeidsproduktiviteit te zijn opgetreden. Deze daling van de macro-economische produktiviteit wordt, voor een drietal landen, zichtbaar gemaakt in figuur 3.1.

Figuur 3.1 De jaarlijkse groei van de arbeidsproductiviteit in een drietal ontwikkelde landen



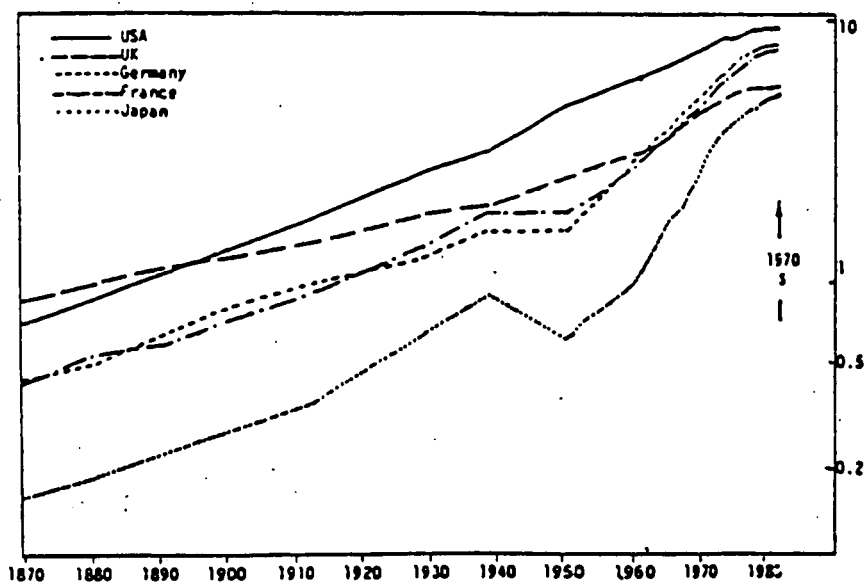
Bron: O. Eismont en H. Ross, Measurement of the rate of technical progress, Working Paper WP-85-95, International Institute for Applied Systems Analysis, 1985

De daling van de groei van de arbeidsproductiviteit heeft zich over het algemeen reeds in de zestiger jaren ingezet. In de jaren zeventig heeft deze daling zich in vele landen versneld. Economieën met een relatief hoge produktiviteitsgroei hebben ook een relatief grote terugval in deze groei te zien gegeven.

De geconstateerde teruggang in produktiviteitsgroei heeft een sterke impuls gegeven aan het zogenaamde "growth accounting" onderzoek: onderzoek naar de bronnen van produktiviteitsstijging en, daaraan gekoppeld, economische groei. Het voert op deze plaats te ver de resultaten van dit onderzoek in extenso weer te geven. Slechts aan een enkel aspect zal aandacht worden gegeven.

Voor een juiste interpretatie van de geschetste arbeidsproductiviteitsontwikkelingen is het zinvol te kijken naar ontwikkelingen op langere termijn. In figuur 3.2 wordt voor een aantal landen de ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit in de periode 1870-1982 gegeven.

Figuur 3.2 De ontwikkeling van de arbeidsproduktiviteit in \$ (1970) per manuur



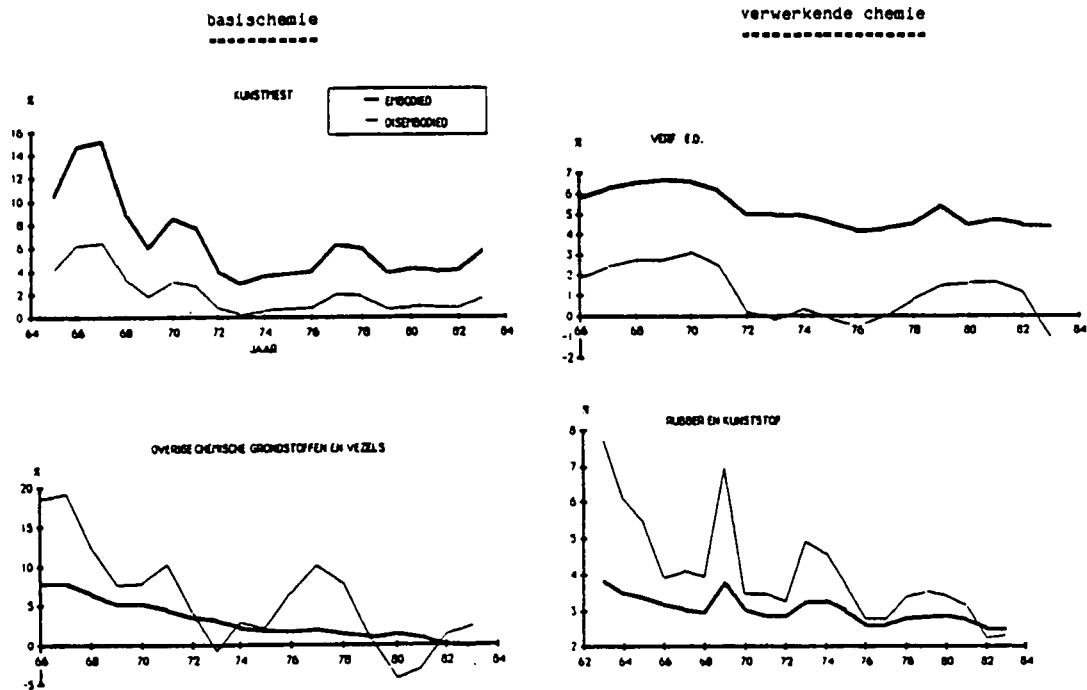
Bron: A. Maddison, Long run dynamics of productivity growth, Banca Nazionale del Lavoro, 1979, met aanvullingen van Freeman c.s. (11)

Bovenstaande figuur suggereert dat de grote internationale verschillen in produktiviteitsgroei die na de tweede wereldoorlog zijn opgetreden, voor een aanzienlijk deel kunnen worden teruggevoerd op een zeker inhaaleffect. In ontwikkelde landen vertoont de produktiviteitsontwikkeling een sterke convergentie. Deze convergentie zou onder meer kunnen duiden op een groeiende overeenstemming in economische structuur en op een algemenere beschikbaarheid en toepassing van moderne produktiemiddelen en methoden.

De produktiviteitscijfers in voorgaande figuren hebben betrekking op de gehele economie, zij zijn een gemiddelde over vele sectoren. Wat voor de gehele economie geldt, behoeft echter niet voor de economische sectoren afzonderlijk te gelden. Zo zou de geconstateerde daling van de produktiviteitsgroei uitsluitend, of voor een groot deel, het gevolg kunnen zijn van een verschuiving in de sectorstructuur

van de economie. Een verschuiving van de produktie van sectoren met een (wellicht onverminderde) hoge produktiviteitsgroei naar sectoren met een (wellicht onveranderde) lage produktiviteitsgroei. Een dergelijke verschuiving blijkt in de meeste landen inderdaad in enige mate te zijn opgetreden en kan zeker voor een deel de geconstateerde daling van de produktiviteitsgroei verklaren. Nadere inspectie van de beschikbare data geeft echter aan dat de daling ook op sectoraal niveau is opgetreden, zij het niet in alle sectoren in gelijke mate. Een voorbeeld van de sectorale ontwikkeling wordt gegeven in figuur 3.3.

Figuur 3.3 Het groeipercentage van de arbeidsproduktiviteit in vier chemische branches in Nederland

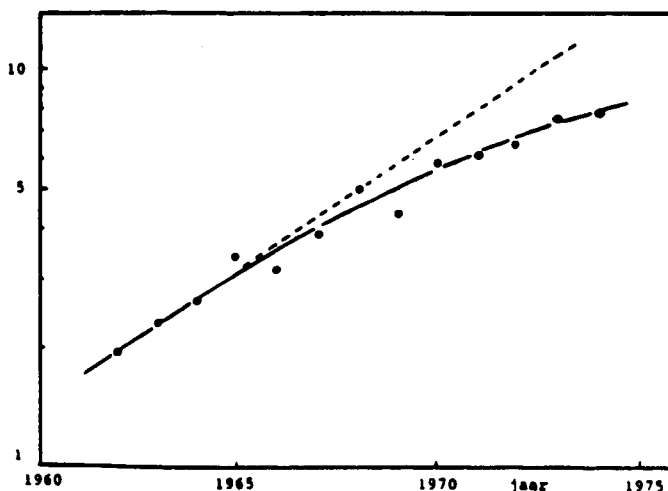


Bron: P.J. van Noord c.s., Technologie en werkgelegenheid op sectorniveau, Min. v. Sociale Zaken en Werkgelegenheid, maart 1986

De produktiviteitscijfers in bovenstaande figuur zijn gecorrigeerd voor wijzigingen in de arbeidstijd en voor afstoot van outillage wegens structurele overcapaciteit (12). Ook op sectoraal niveau blijkt de daling van de groei van de arbeidsproduktiviteit zich reeds in de jaren zestig te hebben ingezet.

In de figuren 3.1-3.3 gaat het om de ontwikkeling van de zogenaamde "average-practice" produktiviteit, een gemiddelde over alle, per activiteit, in toepassing zijnde (geavanceerde en minder geavanceerde) produktiemiddelen. In sectoren met een forse produktiviteitsgroei kan deze gemiddelde produktiviteit aanzienlijk afwijken van de "best-practice" produktiviteit, dat wil zeggen van de produktiviteit van het meest geavanceerde produktieproces. Daar waar de technische ontwikkeling vooral is belichaamd in nieuwe kapitaalgoederen, zal een sterke relatie bestaan tussen investeringen en groei van de (average-practice) produktiviteit. Dit impliceert dat de geconstateerde terugval in produktiviteitsgroei veroorzaakt zou kunnen worden door een teruggang in investering. De investeringen zijn, over het geheel genomen, inderdaad in een deel van de beschouwde periode gedaald. Een nadere inspectie geeft echter aan dat hier geen volledige verklaring voor het nog onverklaarde deel van de daling van de produktiviteitsgroei kan worden gevonden. Ook op best-practice niveau, met andere woorden bij de meest geavanceerde en ook daadwerkelijk geïnstalleerde produktiemiddelen, blijft op vele gebieden een daling van de produktiviteitsgroei bestaan. In figuur 3.4 wordt ter illustratie de ontwikkeling in de Nederlandse chemische industrie gegeven. De afvlakking van de kromme in de figuur duidt op een minder wordende produktiviteitsgroei.

Figuur 3.4 De ontwikkeling van de "best-practice" arbeids-
produktiviteit in de Nederlandse chemische industrie



Bron: W.M. de Jong, Best-practice: theorie en praktijk, interne werknootitie voor het rapport Plaats en Toekomst van de Nederlandse Industrie, WRR, 1979

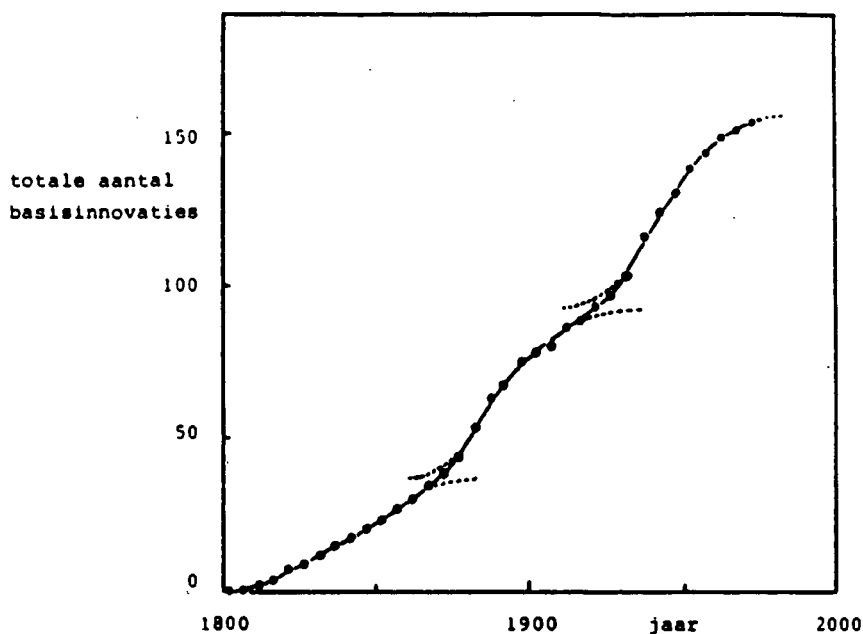
Voorgaande gegevens suggereren dat de daling van de produktiviteitsgroei geen verschijnsel is dat op eenvoudige wijze volledig verklaard kan worden uit statistische middeling. Er liggen blijkbaar fundamenteelere oorzaken aan ten grondslag. Ook meer gedetailleerd "growth accounting" onderzoek heeft echter niet geleid tot een volledige verklaring van de geconstateerde daling in produktiviteitsgroei. Er blijft sprake van een aanzienlijk onverklaarbaar residu. Sommige auteurs spreken in dit verband dan ook wel van een "productivity slow down puzzle".

3.1.2 De vermindering van het radicale karakter van innovatie

Niet iedere technische innovatie is in economisch gevolg gelijk. Onder basisinnovaties worden verstaan innovaties die aanleiding zijn tot de geboorte en de opkomst van belangrijke nieuwe economische activiteiten. Dergelijke innovaties worden geacht een cruciale rol te spelen bij het langdurig in stand houden van economische groei (13). Stagnatie in produktiviteitsgroei zou, voor een deel, het gevolg kunnen zijn van een, eerder opgetreden, afname van basisinnovatie. In figuur 3.5 wordt het cumulatieve aantal industriële basisinnovaties als functie van de tijd weergegeven. Een snelle stijging - "clustering" - van het aantal basisinnovaties wordt gevonden in de perioden 1870-1890 en 1925-1950. Deze komen voor een groot deel overeen met perioden van economische stagnatie. Sinds de jaren vijftig is het aantal basisinnovaties dat per tijdseenheid tot stand komt, sterk gedaald. Zie figuur 3.5.

Informatie als in figuur 3.5 heeft, alhoewel op kwantitatieve wijze geformuleerd, vooral kwalitatieve betekenis. Het begrip basisinnovatie wordt in de economische literatuur niet scherp gedefinieerd. De relatie met economische groei en produktiviteitsgroei blijft impliciet. Er doen zich, ongeacht de definitie, aanmerkelijke meetproblemen voor. Het resultaat in de figuur is te vergelijken met dat van een Delphi-onderzoek: deskundigen op economisch en op technisch gebied hebben aangegeven wat zij belangrijke innovaties achten. Het gemiddelde aantal is uitgezet in de figuur.

Figuur 3.5 Het totale aantal industriële basisinnovaties sinds 1800

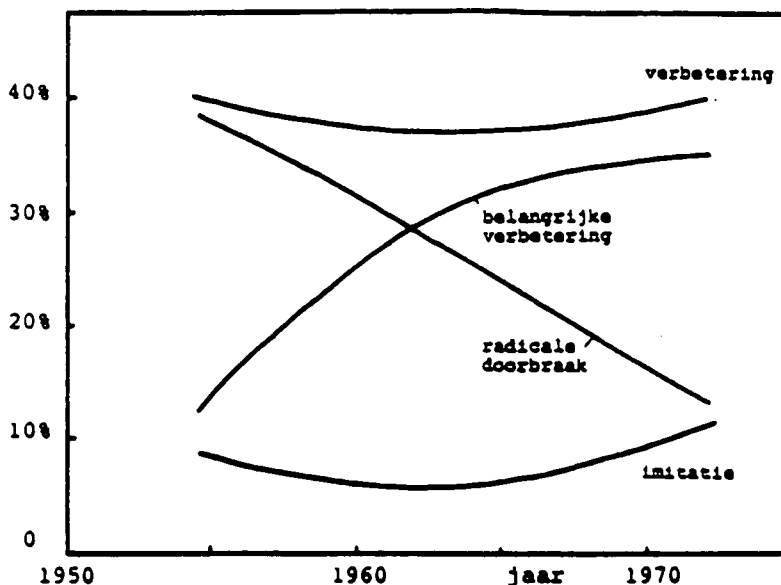


Bron: gebaseerd op gegevens van A. Kleinknecht, Long Waves, Depression and Innovation, WP-85-006
Economische faculteit van de Universiteit
Limburg

Het beeld van een dalend aantal basisinnovaties sinds de jaren vijftig wordt bevestigd door een (onafhankelijk) onderzoek van de US National Science Board, gepubliceerd in 1977. Innovaties worden daar in vier categorieën onderverdeeld: radicale doorbraken, belangrijke verbeteringen, verbeteringen en imitaties. Enkele resultaten van dit onderzoek worden gegeven in figuur 3.6 op de volgende bladzijde.

In figuur 3.6 is een aanzienlijke verschuiving zichtbaar van radicale doorbraak naar verbetering. Ook hier gaat het slechts om een globale, vooral kwalitatieve, indicatie.

Figuur 3.6 De verdeling van technische innovatie over een viertal categorieën



Bron: gebaseerd op gegevens van de US National Science Board, 1977. Zie verder H.D. Haustein c.s., Innovation and Efficiency, IIASA, Laxenburg, A., RR 81-7

Voorgaande gegevens suggereren dat het radicale karakter van technische innovatie in de periode 1955-1975 is verminderd. De voorspoedige economische groei in die periode was, voor zover de techniek daarbij een rol speelde, vooral gebaseerd op een verdere diffusie van eerder tot stand gebrachte technische (basis)innovaties.

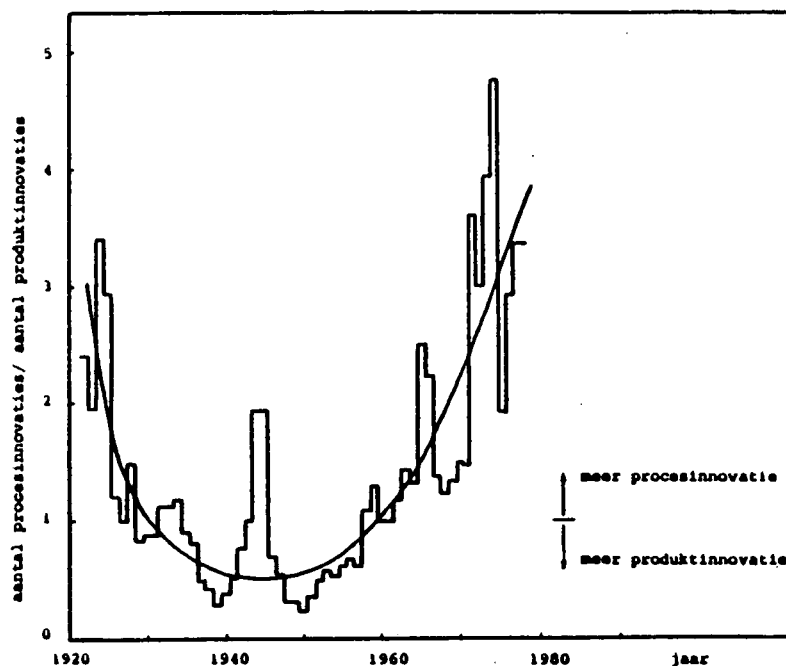
3.1.3 De verschuiving naar procesinnovatie

Genoemde daling van radicaliteit en economische effectiviteit van technische ontwikkeling kan vele oorzaken hebben, waaronder ook niet-technische. De daling zou, onder meer, kunnen optreden als een substantieel deel van de economische produktie opschuift langs de levenscyclus en in de buurt komt van de zogenaamde rijpheidsfase. In feite kan dan de genoemde daling worden gezien als precursor, ofwel vroege indicatie, van een naderende vermindering van groeidynamiek en uiteindelijk verzadiging van het desbetreffende produktenpakket. De technische mogelijkheden voor verdere verbetering nemen dan, binnen de familie van bestaande produkten, meer en meer af. Bij een dergelijke

lijke toenemende rijpheid van het in zwang zijnde technische "paradigma", is, gelet op de theorie van de levenscyclus, ook te verwachten dat zich een verschuiving naar procesinnovatie voordoet (14).

In figuur 3.7 wordt voor de Engelse economie de verhouding tussen het aantal belangrijk geachte procesinnovaties en het aantal produktinnovaties weergegeven. In de figuur is zichtbaar dat er sinds de jaren vijftig een duidelijke verschuiving naar procesinnovatie is opgetreden.

Figuur 3.7 De verhouding tussen proces- en produktinnovatie in de Engelse economie, in de periode 1920-1980



Bron: gebaseerd op gegevens van C. Freeman c.s., Unemployment and technical innovation, Francis Pinter, London, 1982

Bovenstaande figuur heeft, zoals aangegeven, betrekking op de Engelse economie. Nu is het natuurlijk niet onmogelijk dat het hier om een uitzonderlijke situatie gaat. De Engelse economie heeft zich in bepaalde opzichten anders ontwikkeld dan andere moderne economieën. Andere landen vertonen, voor zover er gegevens beschikbaar zijn, een minder uitgesproken beeld van verschuiving. Coombs en Kleinknecht hebben echter laten zien dat

binnen de leidende sectoren van naoorlogse economische groei ook in andere landen een zekere verschuiving naar procesinnovatie is opgetreden (15).

3.1.4 Conclusie

In deze paragraaf is getracht materiaal te verzamelen dat een indruk geeft van de economische effectiviteit van de technische ontwikkeling in de periode 1955-1975. Er blijken op het grensvlak tussen techniek en economie zeer weinig relevante gegevens beschikbaar te zijn. En voor zover deze beschikbaar zijn, is de waarde ervan veelal beperkt. Naast meetproblemen doen zich aanzienlijke interpretatieproblemen voor. Alle informatie, hoe betrekkelijk de afzonderlijke waarde van de indicatoren ook is, wijst echter in de zelfde richting: een daling van de economische radicaliteit en effectiviteit van technische ontwikkeling in de periode 1955-1975. Deze daling kan vele oorzaken hebben. Zonder nader onderzoek waarbij bepaalde factoren worden uitgesloten, kan er van worden uitgegaan dat zij de resultante is van maatschappelijke, economische en puur technische krachten. De geconstateerde ontwikkeling is consistent met een toenemende economische rijpheid van een substantieel deel van de toenmalige familie van economische activiteiten.

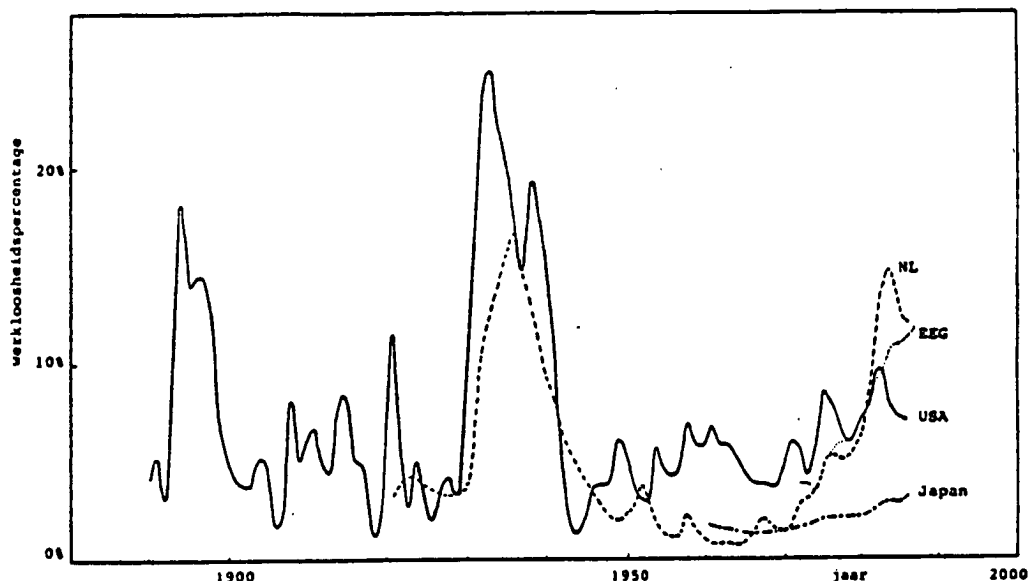
3.2 Technische ontwikkeling en economische stagnatie

De laatste decennia is de relatie tussen technische ontwikkeling en economische groei vooral bestudeerd vanuit de neoklassieke groeitheorie. Door het analytische en weinig verbale karakter leent deze theorie zich uitstekend voor reproduceerbaar en verifieerbaar onderzoek. De neoklassieke groeitheorie geeft een zeer gestileerd beeld van de economie. Zij beschrijft een "perfecte" wereld waar op basis van rationele keuzes tussen volledig bekende technische en economische opties een optimale allocatie van produktiemiddelen en van welvaart wordt bewerkstelligd. Economisch evenwicht, waarbij op alle deelmarkten vraag en aanbod met elkaar in evenwicht zijn, is

de natuurlijke toestand van een neoklassieke economie. Onderbezetting van produktiefactoren komt niet voor.

In figuur 3.8 wordt de onderbezetting van de produktiefactor arbeid als functie van de tijd gegeven.

Figuur 3.8 Het werkloosheidspercentage in enkele economieën



Bron: compilatie WRR

Over lange termijn beschouwd vertonen genoemde economieën zeer forse aberraties van het evenwicht. Als de historische cijfers als maat worden genomen, dan vertoont bijvoorbeeld de economie van de Verenigde Staten gedurende ongeveer 50% van de tijd een werkloosheid groter dan 5% en gedurende bijna 20% van de tijd een werkloosheid groter dan 10%. Bij beschrijving van economische groei op lange termijn bestaat de neiging een, aan de neoklassieke theorie ontleende, evenwichtige ontwikkeling als uitgangspunt te nemen. Uit de werkloosheidscijfers zou echter kunnen worden geconcludeerd dat, juist als het gaat om een beschrijving van economische groei op lange termijn, de evenwichtsbeschouwingen dienen te worden aangevuld met een beschouwing van niet-evenwichtige fluctuaties in de economie.

De benadering van de relatie tussen technische ontwikkeling en economische groei vanuit de neoklassieke groeitheorie, heeft tot gevolg dat de invloed van de techniek altijd positief is: groeibevorderend en neutraal ten opzichte van economische evenwicht. Een daling van de economische effectiviteit van technische ontwikkeling zoals die, naar het zich laat aanzien, in de periode 1955-1975 is opgetreden, zal binnen deze optiek nooit leiden tot evenwichtsproblemen. In een imperfect reagerende economie ligt dat uiteraard anders. Door traagheden en andere onvolkomenheden kunnen wel degelijk evenwichtsproblemen ontstaan. De voortdurende aanwezigheid van marktimperfecties dwingt tot een genuanceerd standpunt ten aanzien van de economische gevolgen van technische ontwikkeling. De technische ontwikkeling is niet onder alle omstandigheden neutraal ten opzichte van economische evenwicht. Het is zelfs zo dat, in een imperfecte omgeving, technische ontwikkeling niet altijd groeibevorderend hoeft te zijn. De precieze rol hangt af van de aard en het tempo van de technische ontwikkeling en van de economische en maatschappelijke context, met inbegrip van de imperfecties daarin. Sommige onevenwichtigheden die samenhangen met de technische ontwikkeling kunnen worden afgedaan als kortstondige aanpassingsproblemen. Problemen die voor de ontwikkeling van de economie op langere termijn van minder belang zijn. Dit hoeft echter niet altijd te gelden. In een imperfect reagerende omgeving zijn langdurige onevenwichtigheden denkbaar die voortkomen uit de technische ontwikkeling.

3.2.1 Mogelijke gevolgen van de eerder geconstateerde daling van economische effectiviteit

In 3.1 werd zichtbaar dat de technische ontwikkeling, voor zover gekarakteriseerd door economisch relevante parameters, onregelmatig voortschrijdt. Aan de macro-economische gevolgen van een onregelmatig voortschrijdende technische ontwikkeling wordt vooral aandacht gegeven in theorieën over de zogenaamde lange golf.

Bij de innovatietheorieën van de lange golf in economische ontwikkeling kunnen globaal twee hoofdstromingen worden onderscheiden. De eerste stroming stelt een onregelmatige spreiding

in de tijd van industriële basisinnovaties centraal. In dit kader is vooral het initiërende werk van Mensch interessant (16). De tweede stroming richt zich op het diffusieproces en op de synergetische relaties tussen verschillende technologieën. Onregelmatige spreiding van basisinnovaties wordt niet uitgesloten, maar is geen vereiste voor het doen ontstaan van een lange golf. Vooral Freeman c.s. hebben op dit gebied belangrijk werk verricht (17). Rosenberg en Frischtak hebben laten zien dat de innovatietheorieën van de lange golf een aantal belangrijke vragen onbeantwoord laten (18). Genoemde theorieën zijn nog verre van volledig. Tot nu toe ligt de belangrijkste opbrengst van de innovatietheorieën van de lange golf niet zozeer in de verklaring van het, overigens nog steeds dubieuze, verschijnsel van de lange golf. Zij is meer te vinden in een verdieping van het inzicht in de relatie tussen economische groei en technische ontwikkeling.

Op basis van genoemde innovatietheorieën is een globale inschatting te geven van waarschijnlijke gevolgen van de eerder geconstateerde daling van de economische effectiviteit van technische ontwikkeling. In figuur 3.9 wordt een schematisch overzicht gegeven. Het gaat hier om beginneffecten die optreden in een traag reagerende omgeving. Na verloop van tijd zijn, vanuit de markt of door de overheid, mitigerende en corrigerende reacties te verwachten. Deze zijn niet vermeld.

Het is niet te ontkennen dat tussen de verwachte gevolgen van de daling van economische effectiviteit en de werkelijk opgetreden verschijnselen rond de stagnatie van de jaren zeventig enige gelijkennis bestaat. Het zou echter te ver voeren om, uitsluitend op basis van deze oppervlakkige gelijkennis, te concluderen dat de hoofdoorzaak van de recente stagnatie te vinden is in de technische ontwikkeling. Wel kan met grote zekerheid worden gesteld dat de (daling van de economische effectiviteit van) technische ontwikkeling de economische problemen heeft vergroot.

Figuur 3.9 Enkele waarschijnlijke gevolgen bij een trage reactie op een belangrijke vermindering van de economische effectiviteit van technische ontwikkeling

1
95
1

daling van economische effectiviteit van technische ontwikkeling

verminderde produktinnovatie

verminderde produktiviteitsgroei

- . bij onvoldoend snelle overgang op andere activiteiten na verloop van tijd: steeds meer produkten in rijpheidsfase, daardoor dalende winstgevendheid, toenemende concurrentie, verschuiving van expansie naar vervanging, verminderde economische impact per verkocht produkt

- . toenemende noodzaak van procesinnovatie om concurrentie het hoofd te bieden, relatieve verschuiving naar procesinnovatie

- . ondanks voorgaande verschuiving afnemende mogelijkheden voor produktiviteitsverhoging, een zelfde verhoging vraagt een steeds grotere inspanning

- . de marginale kapitaalproduktiviteit heeft de neiging te dalen, voor behoud van werkgelegenheid moet het aandeel van investeringen in de totale produktie stijgen

- . dalende mogelijkheden voor economische groei

- . teruglopende investeringen, investeringen krijgen steeds meer een defensief karakter, kapitaal heeft steeds meer de neiging het verhoogde risico te mijden en te vluchten in weinig-productieve toepassingen, toenemende gevoeligheid voor exogene verstoringen en marktimperfecties
- spill-over effecten naar andere (potentiële groei-)markten

- . bij najleffecten: scheefgroei in beloning van produktiefactoren en in overheidsuitgaven. Aantasting van het economische draagvlak



3.2.2 Verminderde groeidynamiek zonder verzadiging

Verzadiging in de geest van "economische productie tot hier en niet verder" lijkt, voor zover dit uitsluitend bepaald zou worden door de individuele behoeften van de consument, nog ver weg te liggen. Er zijn nog vele bekende en ongetwijfeld ook nog vele onbekende behoeften die in beginsel via economische produktie te vervullen zouden zijn. Er zal altijd wel wat te wensen zijn, de behoefte van de mens is ook in economische zin vrijwel oneindig. In dit kader wordt wel gewezen op de grote verschillen in inkomen, binnen economieën en tussen economieën. De hogere inkomens geven aan dat dergelijke inkomens, in principe, in economisch opzicht zinvol zijn te besteden. Vrijwel iedereen zou wel de mogelijkheid willen hebben te leven als een miljonair, zij het dat de aantrekkelijkheid van het miljonair zijn meer voortkomt uit het feit dat anderen het niet zijn, dan uit de absolute hoogte van het inkomen of het vermogen.

Het feit dat de mens schier onverzadigbare behoeften heeft, betekent natuurlijk niet dat de groeidynamiek van de economie te allen tijde gewaarborgd is. Er doen zich, ook over langere termijn bezien, perioden van versnelling en perioden van vertraging voor. Een significante vertraging in economische groei gaat veelal gepaard met een aanzienlijke verstoring van het macro-evenwicht. Een belangrijke onevenwichtige vermindering van groeidynamiek kan vele oorzaken hebben. Bekend zijn de onderbezettingsevenwichten die kunnen ontstaan bij collectieve ontsporing van verwachtingen en de groei- en evenwichtsproblemen die, in een imperfect reagerende omgeving, kunnen ontstaan bij belangrijke exogene verstoringen of structurele verschuivingen.

Bij afwijkingen van het macro-evenwicht gaat het in beginsel om tijdelijke problemen. De vraag is echter hoe tijdelijk. De economische theorie geeft over de snelheid waarmee het evenwichtige groeipad weer wordt bereikt geen enkel uitsluitsel. Het is om verschillende redenen zinvol de tijdelijkheid of, anders gezegd, de langdurigheid van de huidige problemen, waarbij de groei in de meeste landen nog steeds te laag is om het economische evenwicht snel te herstellen, nader te onderzoeken. Gezien vanuit de technische ontwikkeling zijn daarbij vooral de volgende drie zaken van belang:

- voortdurende structurele verschuiving

Structurele verschuivingen en de daarmee veelal gepaard gaande aanpassingsproblemen worden, zoals gesteld, vaak als een tijdelijk incident gezien. De versnelling in het economische proces brengt met zich mee dat structurele verschuivingen elkaar sneller opvolgen, en als het ware in elkaar overvloeien. In een imperfect, bijvoorbeeld traag, reagerende omgeving kan dit leiden tot langdurige groei- en evenwichtsproblemen. Continue aanpassing wordt dan de norm, economisch evenwicht incident.

- kruseffecten tussen economisch disequilibrium en technische ontwikkeling

Technische ontwikkeling is, in een imperfect reagerende economie, niet altijd neutraal ten opzichte van economisch evenwicht. Er bestaat een onderlinge beïnvloeding. Er liggen, zoals later zal worden aangegeven, in de aard van de huidige technische ontwikkeling elementen opgesloten die kunnen leiden tot een verlenging van de niet-evenwichtige situatie.

- mogelijkheid van voorafspiegeling van grenzen aan groei

De discussie heeft zich in het verleden vooral gericht op externe fysieke (milieu)grenzen aan economische groei. Diverse auteurs hebben erop gewezen dat ook sprake kan zijn van interne, fysieke en sociale, grenzen (19). Grenzen die bereikt zouden (kunnen) worden lang voordat verzadiging optreedt. Het is te verwachten dat dergelijke grenzen zich niet plotseling voordoen, maar zich lang van te voren, wellicht op sluipende en vooraf moeilijk te duiden wijze, zullen aankondigen. Een dergelijke voorafspiegeling zou voor de technische ontwikkeling de vorm kunnen krijgen van een dalende economische effectiviteit. Een voorafspiegeling van grenzen aan groei hoeft niet te betekenen dat het macro-evenwicht wordt verstoord. Wel zouden, als de economie om welke reden(en) dan ook uit evenwicht is geraakt, processen die samenhangen met een voorafspiegeling van grenzen aan groei evenwichtsherstel kunnen vertragen.

3.3 Enkele ontwikkelingen die van invloed zijn op de toekomstige groeibijdrage van de techniek

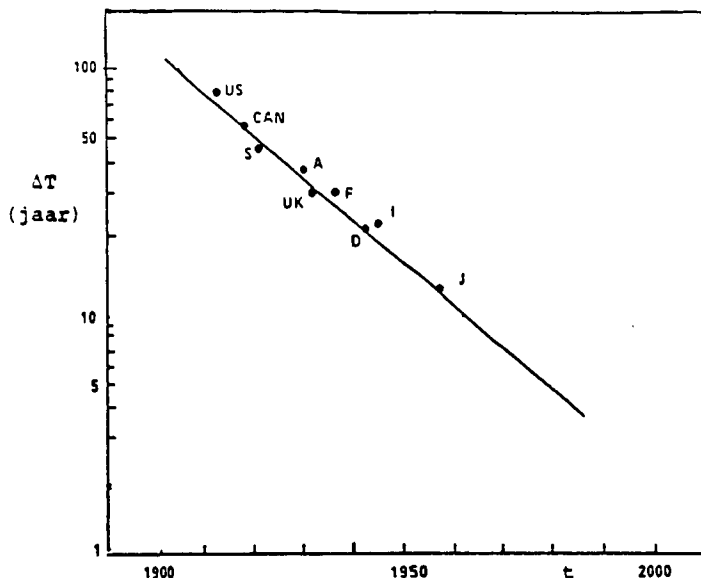
In deze paragraaf zullen een aantal verschijnselen worden besproken die samenhangen met de technische ontwikkeling en die zo algemeen of zo intens zijn dat zij een uitstraling tot op macro-economisch niveau kunnen hebben.

3.3.1 De versnelling van het economische proces

Economische produktie is een stroomgrootheid, economische groei in bepaalde opzichten een versnelling. De versnelling op macroniveau laat zich op vele gebieden ook voelen op microniveau. De levenscyclus van produkten wordt gemiddeld genomen steeds korter, marktdiffusie van nieuwe produkten gaat op een aantal gebieden steeds sneller, hetgeen ook geldt voor de internationale verspreiding van technische kennis. Het gaat hier voor een groot deel om een te verwachten verschijnsel, een verschijnsel dat onverbrekkelijk verbonden is met economische groei. Zo zal bij een groeiend nationaal inkomen, als de prijs per produkt of dienst niet evenredig toeneemt, een steeds snellere marktdiffusie van deze produkten mogelijk worden. Het is eenvoudig in te zien dat, bij gelijk blijvende prijs en gelijk blijvend aantal produkten, de versnelling van de diffusieprocessen gemiddeld genomen gelijk zal zijn aan de macro-economische groeivoet. Een toename van het nationale inkomen met een factor twee betekent dan dat de diffusieprocessen over het geheel genomen tweemaal zo snel zullen verlopen.

Een illustratie van een steeds sneller wordende diffusie kan worden gevonden bij de personenauto. In figuur 3.10 wordt de tijd ΔT , nodig voor een verhoging van de penetratiegraad van 10% naar 90%, uitgezet tegen het tijdstip t van introductie (penetratiegraad 1%). In de figuur is zichtbaar dat de Verenigde Staten (introductiejaar 1913) 80 jaar nodig had voor een verhoging van de penetratiegraad van 10% naar 90%, terwijl dat in Japan (introductiejaar 1957) slechts ongeveer 14 jaar was. De versnelling in diffusie is hier overigens niet alleen te zien als gevolg van een toenemend nationaal inkomen, maar ook als een van de oorzaken ervan.

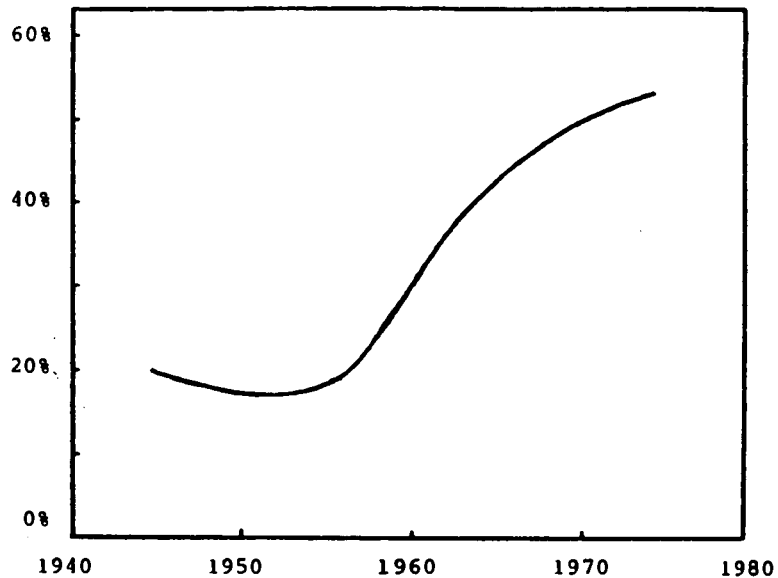
Figuur 3.10 Toenemende snelheid van diffusie: de personenauto
Penetratietijd ΔT versus tijdstip van introductie t



Bron: C. Marchetti, The Automobile in a System Context,
Technological Forecasting and Social Change, 23, 1983,
3-23

Een ander voorbeeld van de versnelling van het economische proces, kan worden gevonden in de internationale diffusie van industriële technologie en produktie. Internationale diffusie is een welbekend verschijnsel dat zo oud is als de industrie zelf. De economische ontwikkeling van vele landen in Europa, van de Verenigde Staten en van Japan is voor een groot deel gebaseerd op overname (en verdere verbetering) van elders ontwikkelde technologie. In deze overname vindt nu een aanmerkelijke versnelling plaats. Het langdurig op quasi-monopolistische wijze uitbaten van een nieuwe techniek of een nieuw produkt is er steeds minder bij. Eigendomsrechten bij innovatie zijn op een aantal gebieden steeds moeilijker te handhaven of te verkrijgen. Het imitatievermogen neemt, mede door de technische ontwikkeling en vanwege het feit dat velen zich richten op dezelfde zaken, toe. Illustratief voor genoemde versnelling in internationale diffusie is de ontwikkeling in de Verenigde Staten. Zie figuur 3.11.

Figuur 3.11 Het percentage nieuwe industriële producten dat binnen 3 jaar na introductie in de Verenigde Staten in een ander land werd geproduceerd



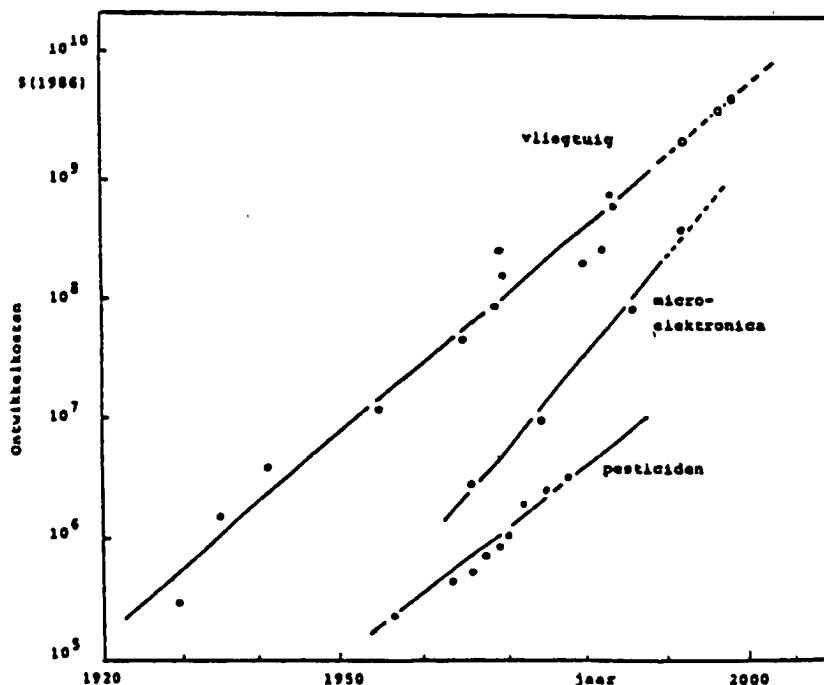
Bron: gebaseerd op gegevens van J. Wemelsfelder, Is de stagnatie van de economische groei structureel?, Economische Statistische Berichten, 13 oktober 1982, 1096-1101

De geschetste versnelling van het economische proces heeft verschillende gevolgen. Zo zal bijvoorbeeld een steeds sterkere wissel worden getrokken op een flexibele werking van de arbeidsmarkt, op de alertheid van ondernemers en overheid en op het absorptievermogen van de consument. De economie kan gevoeliger worden voor haperingen in de generatie van kennis, nieuwe processen en nieuwe producten. Gelet op de karakteristieke tijden die in het geding zijn, is het niet onwaarschijnlijk dat genoemde versnelling over niet al te lange tijd in bepaalde gebieden op grenzen, c.q. traagheden of andere onvolkomenheden van de economie, zal stuiten. Dit kan, voor zover genoemde versnelling een noodzakelijke voorwaarde is voor voortgaande economische groei, leiden tot een lagere groei en ook, maar niet noodzakelijkerwijs, tot evenwichtsproblemen.

3.3.2 De noodzaak van een toenemende innovatieinspanning

Een belangwekkend aspect van de huidige technisch-economische ontwikkeling is dat in een aantal belangrijk te achten gebieden de inspanning die noodzakelijk is voor het op de markt brengen van een nieuw produkt of voor het effectueren van een zelfde produktiviteitsverbetering groter wordt. Het meedoen in sub-microntechnologie voor micro-elektronica is een miljardenzaak geworden. De kosten voor het ontwikkelen van een nieuw pesticide zijn de laatste 20 jaar met een factor 30 toegenomen. Grote Europese telecommunicatiebedrijven zullen bij introductie van een "Integrated Services Digital Network (ISDN)" - een gedigitaliseerd telecommunicatienetwerk waarmee in principe allerlei nieuwe (en reeds bestaande) informatiediensten zouden kunnen worden geleverd - pas bij realisering van 40 à 60% van de totale, over de tijd gecumuleerde, verkopen de ontwikkelingskosten hebben terugverdiend (20). Het laatste geval extreem gesteld: pas als de verzadiging in zicht komt, bestaat er, bij gelijke concentratie in de markt, kans op winst. Ter illustratie van genoemde ontwikkeling wordt in figuur 3.12 voor een drietal gebieden het verloop van de produktontwikkelingskosten in de tijd gegeven.

Figuur 3.12 De kosten van ontwikkeling van nieuwe produkten in een drietal gebieden



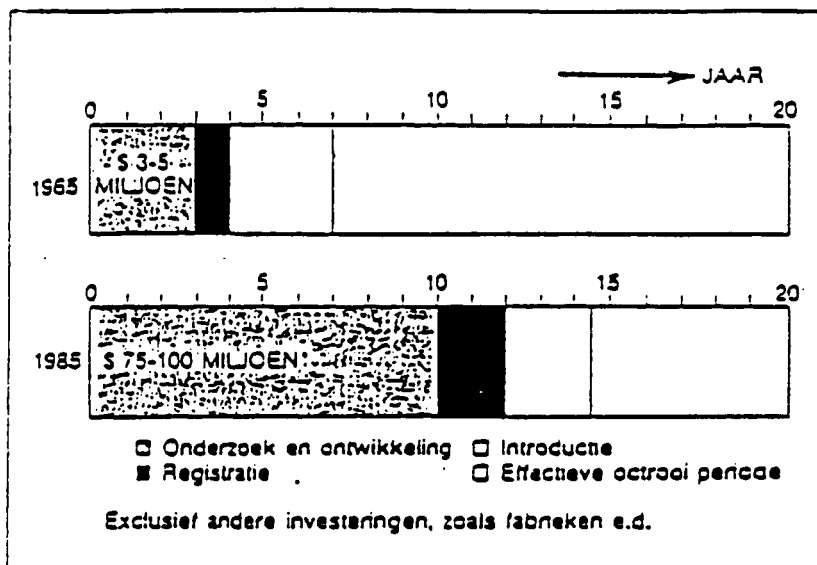
Bron: compilatie WRR

In voorgaande figuur gaat het om activiteiten met een "high-tech" karakter. Echter ook in sommige meer traditionele en minder technologie-intensieve sectoren worden dergelijke verschijnselen gezien. Ook daar moet voor het op de markt brengen van een essentieel nieuw produkt gemiddeld genomen een toenemende prestatie worden geleverd.

De toename van de innovatiekosten heeft vele oorzaken. Een belangrijke oorzaak is ongetwijfeld de verschuiving in de aard van het innovatiewerk. De ontwikkeling van nieuwe produkten en processen was vroeger sterk gericht op de empirie. De thermodynamica kwam lange tijd na de ontwikkeling van de stoommachine. Het fotografisch procédé is pas 100 jaar na het eerste gebruik enigszins bevredigend beschreven. De werking van geneesmiddelen en symptoombestrijders werd veelal slechts jaren na introductie duidelijk. Er zijn indicaties dat dit, vooral op industriële gebieden, sterk aan het veranderen is. De "gemakkelijke" effecten en toepassingen zijn voor een groot deel gevonden. De aanpak van "trial and error" leidt over het geheel genomen steeds minder tot economisch bruikbare resultaten. Voor een verdere stap voorwaarts is vaak fundamenteeler onderzoek noodzakelijk met inbreng van verschillende disciplines. Dit is, gemiddeld genomen, een kostbare en soms ook tijdrovende zaak. Een tweede oorzaak lijkt te liggen in het feit dat nieuwe produkten en diensten in toenemende mate in concurrentie moeten treden met reeds bestaande produkten en diensten. Reeds in de beginfase van het nieuwe produkt moet, in kwaliteit en/of in prijs, de over vele jaren gecumuleerde vooruitgang die belichaamd is in bestaande produkten en diensten worden overwonnen en op enigerlei wijze worden overtroffen. Op sommige gebieden wordt dit moeilijker. Het is van belang er op te wijzen dat niet alleen de creatie en de produktie van een essentieel nieuw produkt, maar ook het "openbreken" van de markt in een aantal gevallen een toenemende prestatie vereist. Niet-technische factoren en traagheden worden bij innovatie en marktpenetratie belangrijker. Ook dit heeft soms gevolgen voor de inspanning die moet worden verricht.

Een ander voorbeeld van de stijging van innovatiekosten wordt gegeven in figuur 3.13.

Figuur 3.13 De gemiddelde innovatiekosten van een nieuw geneesmiddel en de periode van octrooibeschermtng, in 1965 en in 1985



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

In het bovenstaande voorbeeld staat naast een sterke stijging van de ontwikkelkosten een bijna drievoudige daling van de periode van octrooibeschermtng. Gezien het feit dat, althans op het beschouwde gebied, de kosten van imitatie gemiddeld genomen zeer veel lager zijn dan de initiële ontwikkelkosten, dient binnen de (sterk dalende) periode van effectieve octrooibeschermtng het grootste deel van de (sterk toenemende) ontwikkelkosten te worden terugverdiend.

Op zich behoeft de toename van de innovatiekosten in macro-economisch opzicht niet slecht te zijn. Hoge innovatiekosten betekenen immers, als zij geen belemmering zijn voor innovatie, in principe veel werkgelegenheid in de innovatiesfeer, of in daarmee gelieerde sectoren van bedrijvigheid. Toch kunnen zich wel problemen voordoen. Enkele worden hieronder genoemd.

Sterk toenemende innovatiekosten stellen eisen aan het maatschappelijke en economische draagvlak voor innovatie, zowel binnen als buiten bedrijven. In een aantal gevallen dient een toenemend percentage van de middelen te worden besteed aan innovatie, dat wil zeggen aan activiteiten waarvan de uitkomst over het algemeen zeer onzeker is. Niet in alle gevallen kan er bij voorbaat van worden uitgegaan dat een dergelijk draagvlak aanwezig is.

Innovatie is een risicovolle bezigheid. In een aantal gevallen kunnen toenemende innovatiekosten er toe leiden dat het risico van de desbetreffende innovatie te groot wordt geacht, zeker als de periode voor het terugverdienen van deze kosten korter wordt. Dit kan leiden tot een rem op innovatie, hetgeen, voor zover deze rem niet gelijkelijk is verdeeld over alle actoren, in een wereld van versnelling kan leiden tot grote, soms zelfs onoverbrugbare, achterstanden. Dit betekent overigens niet dat het voorop lopen bij innovatie altijd de meest optimale strategie is. Wat optimaal is (geweest), kan veelal slechts achteraf worden beoordeeld.

Toenemende innovatiekosten kunnen het hoofd worden geboden door schaalvergroting en concentratie, samen met anderen (samenwerking) of ten koste van anderen. In sommige gevallen is de benodigde schaalvergroting aanzienlijk. Startmarkten groeien daar steeds meer over nationale grenzen heen. Klein beginnen in een beschermde thuismarkt is er dan niet meer bij. Soms zelfs moet reeds in de beginfase een substantieel deel van de wereldmarkt worden veroverd, wil succes worden geboekt en de hoge kosten voor innovatie en produktie worden terugverdiend. Schaalvergroting, internationalisatie, concentratie en standaardisatie - vroeger vooral verschijnselen van een volwassen industrie - schuiven op een aantal belangrijke gebieden steeds meer naar de beginfase van nieuwe activiteiten. De industrie krijgt op deze gebieden steeds minder gelegenheid voor het verwerken van "puberteitsverschijnselen".

Een sterk toenemende internationalisatie kan tot gevolg hebben dat economische fluctuaties een "macroscopisch" karakter krijgen. Verschuivingen (tussen bedrijven) binnen een land krijgen dan steeds meer het karakter van snelle verschuivingen tussen landen.

3.3.3 Een voortgaande tendens tot procesinnovatie

In 3.1.3 werd gewezen op de verschuiving van proces- naar produktinnovatie die in de periode 1950-1975 is opgetreden. In sommige innovatietheorieën van de lange golf is een dergelijke verschuiving symptomatisch voor de fase van economische rijpheid van de lange golf (21). Tijdens en na de economische stagnatie - de volgende fase van de lange golf - zou dan weer een zekere verschuiving terug, van proces- naar produktinnovatie, optreden. Nu betekent dit natuurlijk niet dat procesinnovatie in de vorm van produktiviteitsverhoging - de groeimotor bij uitstek onder evenwichtige omstandigheden - in een periode van trage economische groei en disequilibrium geen belangrijke bijdrage zou kunnen leveren aan herstel van economische groei en evenwicht. De zaak dient echter wel met enige omzichtigheid te worden benaderd. Produktiviteitsgroei heeft twee kanten: bij gelijke inzet van produktiefactoren meer produktie of bij gelijke produktie minder inzet van produktiefactoren. In het eerste geval is produktiviteitsstijging groei-bevorderend en in het tweede geval evenwichtsverstoring. Het economische rendement van produktiviteitsgroei hangt af van het vermogen tot (her)inzet van produktiefactoren van de economie. Het spreekt voor zich dat in een situatie waarin volledige inzet van produktiefactoren een probleem is, er niet bij voorbaat van kan worden uitgegaan dat produktiviteitsgroei uitsluitend groeibevorderend is, of dat voor zover sprake is van een verdere evenwichtsverstoring deze slechts van korte duur zal zijn. De economische theorie biedt zeer weinig inzicht in de tijdconstanten die bij dergelijke processen in het geding zijn.

Het geheel van de technisch-economische ontwikkeling overziende, lijken de volgende constateringën geoorloofd:

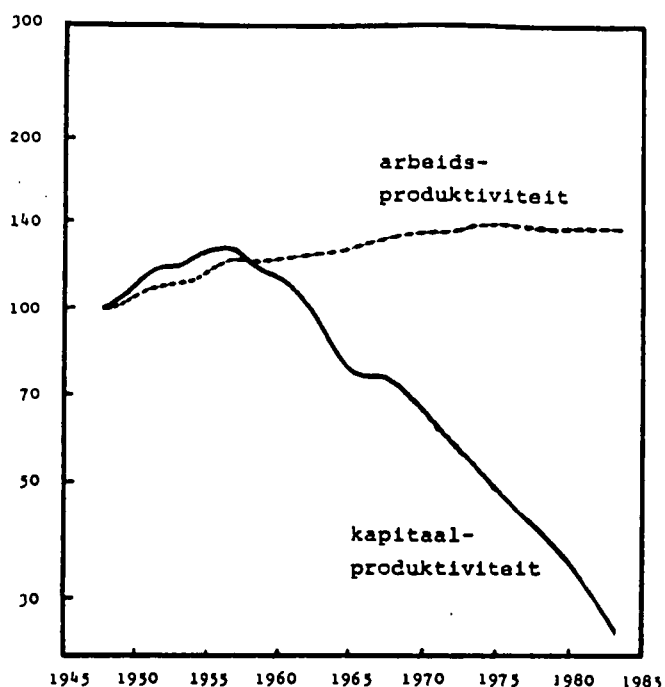
- de huidige technische ontwikkeling vertoont een sterke hang naar procesinnovatie;
- de resultaten in termen van produktiviteitsgroei vallen vooralsnog tegen, er is waarschijnlijk sprake van een uitgesteld effect;
- de structuur van de (onlangs) gerealiseerde en de (in de nabije toekomst) te verwachten procesinnovatie is in bepaalde opzichten in tegenfase met een snel evenwichtsherstel en evenwichtsbehoud.

Het overzicht van de technische ontwikkeling geeft aan dat deze vooral is gericht op de ontwikkeling van nieuwe of verbeterde processen en op produkten die hun toepassing voorlopig vooral in zakelijke omgeving zullen vinden. Zo kan bijvoorbeeld worden gewezen op de grote inspanning op het gebied van industriële automatisering (geavanceerde procesbeheersing, robotica, flexibele produktiesystemen, CAD/CAM, CAT, CAL), kantoorautomatisering en administratieve automatisering. De totale produktie van computersystemen is slechts voor een miniem gedeelte (ongeveer 2%) gericht op de finale vraag. Hetzelfde geldt voor expertsystemen, kunstmatige intelligentie in bredere zin, nieuwe geïntegreerde informatiesystemen en netwerken met hoge transportcapaciteit en interactiviteit, nieuwe materialen, nieuwe biotechnologische produkten en nieuwe energietechnieken. Ook daar domineren vooralsnog de zakelijke toepassingen.

Genoemde bias in technische inspanning heeft, althans beschouwd op een redelijk hoog aggregatieniveau (bijvoorbeeld 2- of 3-digit SBI(74)), nog niet geleid tot een forse produktiviteitsgroei. In de meeste sectoren blijkt dat de nieuwe technische middelen de eerder geconstateerde daling van de produktiviteitsgroei, die overigens niet alleen door de techniek bepaald wordt, niet in een sterke stijging (van de groei) hebben kunnen omzetten. Op een aantal gebieden blijft de produktiviteitsgroei vooralsnog relatief laag. De gegevens in figuur 3.14 vormen een illustratie. Het gaat daar om de (Amerikaanse) financiële sector: een sector waar computersystemen en andere nieuwe informatietechnieken reeds gedurende enige tijd ruime toepassing vinden.

De produktiviteitsgroei is, op hoog aggregatieniveau, gemiddeld genomen laag en zal dat hoogstwaarschijnlijk de eerstkomende jaren ook blijven. Hiervoor zijn verschillende redenen aan te geven. Ten eerste kan worden gewezen op de technische moeilijkheden die zich voordoen bij moderne vormen van automatisering. Automatisering betekende tot voor kort vooral vervanging en uitbreiding van de spierkracht en het mecha-

Figuur 3.14 De produktiviteit van de Amerikaanse financiële sector



Bron: R.H. Franke, Technological revolution and productivity decline: computer introduction in the financial industry, Technological Forecasting and Social Change, 31, 1987, 143-154

nische en administratieve handelingsvermogen van de mens. De komende jaren zal automatisering meer en meer in concurrentie treden en ook moeten treden met het intelligente vermogen van de mens. Spraak- en beeldherkende apparatuur, geavanceerde informatiesystemen, adaptieve robotica en dergelijke vragen alle een zekere mate van materieel vastgelegde intelligentie. Het inbrengen daarvan is, zo blijkt steeds meer, geen sinecure. Het ontwikkelen, foutloos maken, onderhouden en aanpassen van geschikte algoritmen blijkt veelal gepaard te gaan met aanzienlijke problemen. De relatief eenvoudig te automatiseren activiteiten zijn binnenkort voor een groot deel geautomatiseerd. Automatisering rukt op naar gebieden die, mede door hun ongestructureerdheid, moeilijker te automatiseren zijn. Aanpassing van handelingen, organisatie- en werkstructuren is veelal nodig om de automatiserende systemen zinvol te kunnen gebruiken. Vooruitgang is meer en meer een kwestie van nauwe samenwerking

tussen vele disciplines en bedrijfslagen en, mede daarom, van veel geld, tijd en inspanning. Technische problemen zijn niet de enige reden dat de totale produktiviteitsgroei vooralsnog op sommige gebieden enigszins tegenvalt. Er zijn ook vele niet-technische factoren in het spel. Een andere reden die nog wel met de techniek samenhangt is dat de technische mogelijkheden voor produktiviteitsgroei op onderdelen soms wel groot zijn, maar dat een forse groei daar zich nauwelijks meer doet voelen in de totale produktiviteit. Het gaat dan om onderdelen die toch al arbeidsextensief zijn of die naar verhouding slechts een gering volume hebben.

Ongeacht het feit dat zich problemen voordoen, kan worden verwacht dat het bij produktiviteitsgroei in een aantal gevallen gaat om een uitgesteld effect. Na verloop van tijd zal de techniek oprukken naar andere bedrijfsonderdelen en, in combinatie met een verbetering in organisatie en structuur en met een herschikking van produktie-eenheden, ook op hoger aggregatieniveau kunnen leiden tot een aanzienlijke verbetering van de produktiviteit. In hoeverre de dan optredende produktiviteitsgroei het niveau van de vijftiger en zestiger jaren zal halen of zal overtreffen, is echter nog onduidelijk.

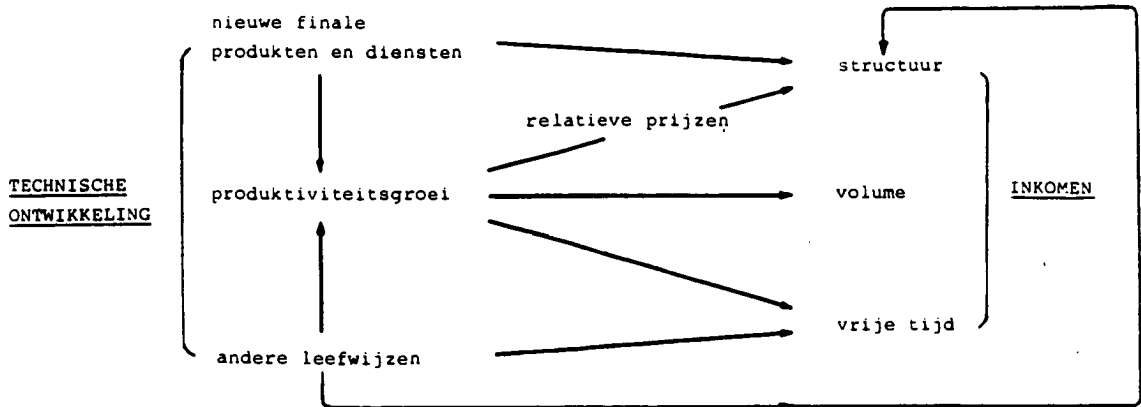
Het derde punt op blz. 105 bevat de stelling dat de structuur van de te verwachten procesinnovatie vertragend kan werken op evenwichtsherstel, met andere woorden in zekere mate evenwichtsversturende elementen in zich draagt. Allereerst kan worden gewezen op de voor de hand liggende notie dat een sterk accent op procesinnovatie in een situatie waarin de markt enigszins gedesorganiseerd is en trekken van onzekerheid en gerespecteerd gedrag vertoont, risico's in zich draagt. De komende golf van produktiviteitsverbetering zou, afhankelijk van de dan bestaande situatie, voor problemen kunnen zorgen. Problemen die niet bij voorbaat kunnen worden afgedaan als kortstondige aanpassingsproblemen. Waar het hier echter meer om gaat, is dat zich een aanzienlijke verschuiving in de aard van procesinnovatie voordoet. In de jaren vijftig en zestig was, voor wat de factor arbeid betreft, procesinnovatie grosso modo functiebehoudend. Er kwam wel nieuw soort werk bij en de inhoud van bestaande functies verschoof wel, maar deze verschuiving was relatief langzaam. Er werden, althans door procesinnovatie,

weinig bestaande functies overbodig. Dit is sterk veranderd. In de komende jaren zal procesinnovatie gepaard gaan met een sterk verval van bestaande functies en, uiteraard, met een sterke creatie van nieuwe functies. Procesinnovatie impliceert steeds meer een sterke inhoudelijke verschuiving op de arbeidsmarkt. Het ziet er, gelet op de technische ontwikkeling, naar uit dat dit een meer blijvend verschijnsel zal zijn. De reeds lang optredende daling van de economische levensduur van opleidingen en werkervaring is sterk versneld en heeft grenzen bereikt waarbij zich, in een imperfect en noodzakelijkerwijs traag reagerende markt, aanmerkelijke structurele frictieverschijnselen kunnen gaan voordoen. Zo is op sommige gebieden de economische levensduur van opleidingen reeds gedaald tot de helft van de opleidingstijd.

Een ander punt is de verschuiving in relatieve prijzen die wordt opgeroepen door de sectorale differentiatie van produktiviteitsgroei. Het is een vrij algemeen geaccepteerd gegeven dat de consumptieve dienstverlening bij snel herstel en behoud van volledige werkgelegenheid een grote rol kan en moet spelen. Door verschillen in produktiviteitsgroei wordt nu een belangrijk deel van de bedoelde diensten relatief steeds duurder. Dit heeft in het verleden, zelfs bij fysiek ongewijzigde collectieve voorzieningen, geleid tot een sterke toename van de collectieve uitgaven, tot eliminatie en tot informalisering en, mede daardoor, tot aantasting van het draagvlak voor collectieve voorzieningen. In de sectorale verdeling van produktiviteitsgroei speelt nu de technische ontwikkeling een belangrijke rol. Het ziet er, gelet op de technische ontwikkeling, naar uit dat het sectorale patroon van produktiviteitsgroei gehandhaafd blijft of zelfs geaccentueerd wordt. Ook dit kan evenwichtsherstel vertragen.

3.3.4 De rol van nieuwe finale produkten en diensten

De technische ontwikkeling beïnvloedt het proces van economische groei op verschillende manieren:



Nieuwe finale produkten en diensten zijn, via verschuivingen in preferenties, van invloed op de structuur van het inkomen. Dit is echter niet het enige. Ook bestaat er een zekere relatie tussen nieuwe produkten en diensten zullen, althans na verloop van tijd, ook de mogelijkheden voor produktiviteitsgroei afnemen. Nieuwe produkten en diensten zijn dus ook van invloed op de hoogte van het inkomen. Verder kunnen zij leiden tot andere leefgewoonten, waardoor eveneens, op direkte en indirecte wijze, het inkomen in termen van structuur, volume en vrije tijd wordt beïnvloed.

In theorieën over gelijkmatige evenwichtige economische groei wordt over het algemeen weinig expliciete aandacht gegeven aan de rol van nieuwe produkten en diensten. Centraal staat de produktiviteitsgroei. De fysieke representatie van het inkomen in termen van produkten en diensten is eigenlijk van ondergeschikt belang. Er wordt aangenomen dat bij elk inkomen een zinvolle invulling met produkten en diensten te vinden is. Zo niet, dan zal een uitruil tussen materiële welvaart en vrije tijd plaatsvinden.

Zowel Kuznets in zijn "Secular Movements in Production and Prices" als Schumpeter in "Business Cycles" hebben reeds in de jaren dertig gewezen op de belangrijke rol die nieuwe produkten (kunnen) spelen bij meer seculaire bewegingen in eco-

nomische groei (22). Schumpeter spreekt in dit verband van perioden van creatieve destructie: nieuwe produkten die over een breed front oude produkten vervangen. Economische groei gaat op vrijwel ieder moment gepaard met verschuivingen in produkt- en industriemix. Deze verschuivingen nemen echter, naar de mening van Schumpeter, soms zulke fundamentele en intense vormen aan dat sprake kan zijn van aanpassingsproblemen en van een tijdelijke terugval in macro-economische groei.

Produktiviteitsgroei en nieuwe produkten en diensten zijn, althans over langere termijn bezien, beide nodig om het proces van economische groei (per capita) onverminderd in stand te houden. In het relatieve belang van beide vormen van innovatie is echter enige verschuiving zichtbaar. In de beginfase van de industriële revolutie, met zoveel primaire behoeften aan reeds bestaande produkten onverzadigd, was produktiviteitsverhoging een noodzakelijke en vrijwel voldoende voorwaarde voor economische groei. De groei in die periode werd dan ook gedragen door procesverbeteringen op het gebied van kracht (stoommachine), metallurgie, kapitaalgoederen en transport. Tussen deze vormen van procesverbetering bestond een aanzienlijke synergie. Het gevolg was een sterk toenemende materiële welvaart, zij het dat die over het algemeen nog zeer scheef werd verdeeld. Gaandeweg zijn nieuwe produkten voor het in stand houden van economische groei belangrijker geworden. Produktiviteitsverhoging en produktinnovatie raken meer en meer met elkaar verstrengeld. Zonder belangrijke nieuwe produkten en diensten zullen na verloop van tijd ook de mogelijkheden voor macro-economische produktiviteitsgroei, en derhalve van produktiegroei, geringer worden. De eerder geconstateerde daling van de produktiviteitsgroei in de jaren zestig kan, paradoxaal genoeg, voor een deel worden geweten aan een gebrek aan belangrijke produktinnovaties. In 3.3.1 werd gewezen op het feit dat, bij bestaande en redelijkerwijs te verwachten consumentenpreferenties, economische groei op fysiek produktniveau een aanzienlijke versnelling betekent. Per tijdseenheid zijn steeds meer nieuwe produkten nodig om de groei onverminderd in stand te houden. Dit zou kunnen betekenen dat de economie gevoeliger wordt voor, wellicht reeds lang bestaande, onvolkomenheden in de creatie en diffusie van nieuwe produkten en diensten. Traagheden en onregelmatigheden in de tijd zullen zich dan, direkter en eerder dan vroeger, doen voelen in

de macro-economische groeivoet.

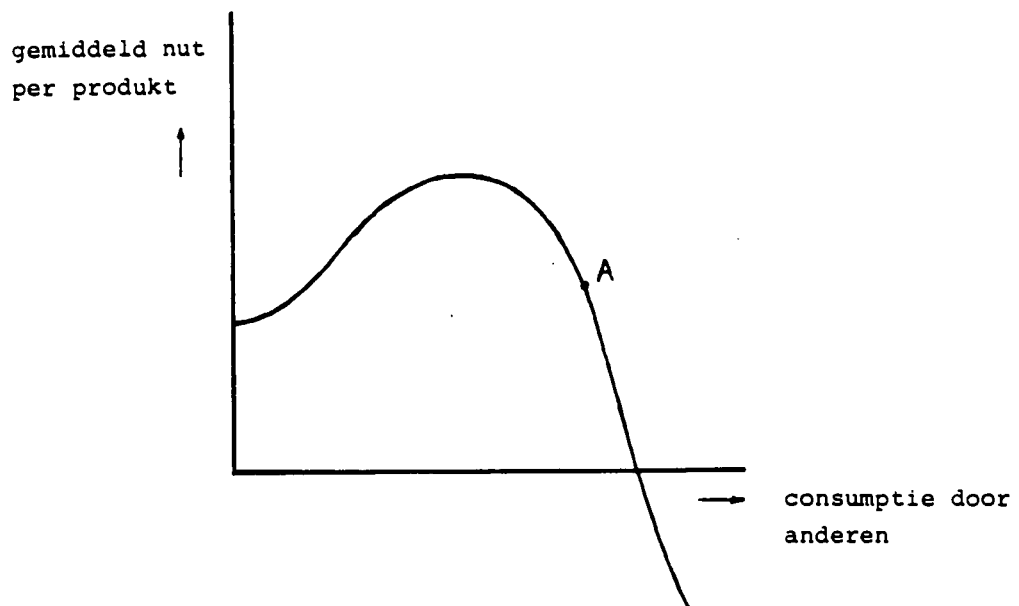
Voor de toekomst zijn de volgende twee, heel globale, ontwikkelingen onder meer van belang:

- het nut dat ontleend wordt aan de consumptie van een finaal goed zal meer en meer, en dan vooral in negatieve zin, worden beïnvloed door de consumptie van anderen;
- in de finale vraag treden in fysieke termen verschuivingen op die het niet alleen moeilijker maken om economische vooruitgang te meten, maar die ook betekenen dat voor een zelfde economische groei relatief toenemende eisen aan de techniek en aan de economie worden gesteld.

In de theorie van de consumptieve vraag wordt onderkend dat nutsfuncties niet volledig separabel zijn. Het nut dat wordt ontleend aan de consumptie van een finaal goed is soms afhankelijk van de consumptie van andere goederen en van de consumptie van andere personen (van hetzelfde goed of van andere goederen). Er zijn zowel positieve (nutsversterkende) als negatieve (nutsverzwakkende) kruiseffecten. Zo wordt het nut van een telefoon in sterke mate bepaald door het aantal mensen dat een telefoon heeft en gebruikt. Het nut dat wordt ontleend aan het gebruik van een auto zal, boven een zekere grens, in negatieve zin worden beïnvloed door het autogebruik van anderen. Er zijn echter niet alleen kruiseffecten tussen dezelfde goederen, zij kunnen ook optreden tussen heel verschillende goederen. Sommige van de negatieve kruiseffecten zijn elimineerbaar of mitigeerbaar, zonder dat daarbij de eliminatie of mitigatie weer andere (negatieve) kruiseffecten oproepen. Andere hebben een meer robuust karakter en zijn een uiting van de "eindigheid" van de wereld en van de samenleving, waarbij aan veel meer dan alleen maar fysieke eindigheid moet worden gedacht.

Heel globaal kan een verband worden verwacht zoals dat in figuur 3.15 is weergegeven. Het spreekt voor zich dat het hier slechts om een kwalitatieve indruk gaat. Niet alle produkten zullen een zelfde beeld vertonen. Er zijn zeer veel van dit soort kruisverbanden. Als alleen enkelvoudige en paarsgewijze beïnvloeding wordt bekeken, dan moet in een economie met n produkten in principe rekening worden gehouden met (maximaal) $\frac{1}{2}n(n+1)$ relaties.

Figuur 3.15 Het nut dat ontleend wordt aan de consumptie van een goed, als functie van de consumptie van anderen (van hetzelfde goed of van andere goederen)



Bron: WRR

Er zijn nu verschillende redenen om aan te nemen dat negatieve kruiseffecten in de nutsfunctie in de toekomst van groter belang zullen worden. Zo schuift bij een toenemend inkomen punt A, corresponderende met de situatie op een zeker moment, in de meeste gevallen naar rechts, dus naar een gebied waar negatieve kruiseffecten waarschijnlijker worden. Ten tweede zal bij toenemend inkomen de vraag ook verschuiven naar produkten en diensten waar de beschreven verschijnselen meer uitgesproken zijn, en die eigenlijk geen massaconsumptie verdragen. Ten derde zal het, voor zover negatieve kruiseffecten optreden, in steeds meer gevallen gaan om effecten die moeilijk te elimineren of te mitigeren zijn, zonder daarbij de moeilijkheden uitsluitend te verschuiven.

Genoemde verschijnselen zullen tot gevolg hebben dat het nut van consumptie op een aantal belangrijke gebieden sneller daalt dan, bij afwezigheid van negatieve kruiseffecten, zou kunnen worden verwacht. Een dalend nut van belangrijke vormen van consumptie en een toenemende concurrentiestrijd tussen verschillende vormen van consumptie en tussen consumptie van verschillende personen kunnen onder bepaalde omstandigheden het proces van economische groei vertragen en de economie gevoeliger maken voor verstoringen. De technische ontwikkeling zou dit proces kunnen uitstellen door een bijdrage te leveren aan de eliminatie van negatieve kruiseffecten en door nieuwe produkten en diensten te leveren die genoemde kruiseffecten niet, of althans minder, vertonen. De techniek staat hier echter voor een gigantische taak, en het is de vraag of zij hieraan, in de gegeven economische en maatschappelijke context, kan voldoen, te meer daar zij zelf oorzaak is van sommige kruiseffecten.

In het tweede punt op blz. 112 werd gesproken over de sterk toenemende eisen die aan de techniek worden gesteld. Hierboven, in 3.3.2 en elders in deze studie werden enkele voorbeelden genoemd. Op deze plaats zal nog, ter afronding, een enkel punt worden aangestipt.

Nieuwe finale produkten en diensten hebben er toe geleid dat, zelfs bij ongewijzigd inkomen, finale behoeften meer, gemakkelijker (met minder lichamelijke en/of geestelijke inspanning), sneller, beter, schoner en aangener konden worden bevredigd. In deze veranderingen kan een kwantitatieve en een kwalitatieve component worden onderscheiden. Een belangrijke ontwikkeling van dit moment is dat, althans in geavanceerde economieën, de behoefte verschuift van kwantiteit naar kwaliteit. De tijd dat economische produktie kon worden uitgedrukt in tonnen staal en km's autosnelweg gaat langzamerhand voorbij. De verschuiving van de behoefte naar meer kwaliteit heeft verschillende gevolgen. De economische wetenschap heeft altijd enige moeite gehad met het beschrijven en het meten van kwalitatieve veranderingen. De gebruikelijke economische grootheden geven geen juist beeld. Kwalitatieve verbeteringen kunnen, vooral als zij samengaan met produktiviteitsstijging, volledig worden genegeerd. Aan de begrippen macro-economische groei en produktiviteitsstijging kleven fundamentele conceptuele problemen. Deze problemen zullen zich door genoemde verschuiving naar meer kwaliteit gepro-

nonceerder doen voelen. In het licht van het voorgaande is het niet onmogelijk dat de eerder geconstateerde daling van de economische effectiviteit van technische ontwikkeling voor een deel moet worden geweten aan het feit dat bepaalde kwalitatieve veranderingen niet zijn meegeteld. Op deze mogelijkheid is reeds door verschillende auteurs gewezen (23). Een volledige verklaring langs deze lijn lijkt echter niet waarschijnlijk, onder meer omdat de daling in produktiviteitsgroei is gevolgd door een economische stagnatie met grote werkloosheid. Vooral het laatste verschijnsel kan moeilijk worden afgedaan als een statistische illusie, hetgeen betekent dat, voor zover er een relatie bestaat tussen de daling en de stagnatie, een deel van de daling van de arbeidsproduktiviteitsgroei reëel moet zijn.

Er zijn echter niet uitsluitend problemen die slechts van theoretisch belang zijn. De verschuiving van de behoefte naar meer kwaliteit betekent dat technische innovatie op een aantal gebieden subtielere vormen moet gaan aannemen. Een significante kwaliteitsverhoging vraagt op deze gebieden veel meer dan alleen maar een technische inspanning. Technische innovatie krijgt daar steeds meer een ergonomische, sociale en maatschappelijke component. De problemen die voor een wezenlijke kwalitatieve vooruitgang moeten worden opgelost, zijn vaak groot.

Moderne economieën komen langzamerhand in een fase waarin een onverminderd voortgaande macro-economische groei steeds hogere eisen stelt aan de techniek, de economie en de samenleving. Zo betekent economische groei in vele gebieden en op verschillende niveaus een aanzienlijke versnelling. Door deze versnelling wordt een steeds sterkere wissel getrokken op de flexibele werking van de arbeidsmarkt, op de alertheid van ondernemers en overheid en op het absorptievermogen van de consument. Het is niet onmogelijk dat de economie, voor korte of voor langere tijd, tegen groei-beperkende onvolkomenheden en traagheden aanloopt. Onvolkomenheden die vroeger vaak ook bestonden, maar die zich in de toenmalige context minder lieten voelen. In het proces van economische groei wordt de generatie (en overdracht) van nieuwe kennis, producten en diensten een cruciale en kritieke factor. Haperingen zullen zich eerder dan vroeger op macro-niveau doen voelen. Een

zelfde stap voorwaarts vereist op een aantal gebieden een toenemende innovatie-inspanning, hetgeen weer toenemende eisen stelt aan het economische en het maatschappelijke draagvlak voor innovatie. Een steeds groter deel van de economische productie zal (moeten) worden gericht op het elimineren en het mitigeren van nutsverlagende kruiseffecten, tussen verschillende vormen van consumptie en tussen consumptie van verschillende mensen. Sociale en maatschappelijke innovatie is, evenals vroeger, vaak een noodzakelijke voorwaarde voor het maximaal benutten van de voordelen van technische innovatie. Het tempo waarop deze vormen van innovatie zich moeten voltrekken, zal gemiddeld genomen aanmerkelijk hoger liggen dan vroeger.

Het is mogelijk dat de techniek, de economie en de samenleving de toenemende inspanning voor een onverminderd voortgaande economische groei kunnen en willen leveren. Het zou niet de eerste keer zijn dat zij op dit gebied voor verrassingen zorgen. Indien echter in de toekomst de economische effectiviteit van technische ontwikkeling laag blijft of lager wordt, dan zou dit kunnen betekenen dat de eisen die aan de techniek en aan de economie worden gesteld te hoog worden. Eisen die voor het onverminderd in stand houden van de economische groei zonder meer noodzakelijk zijn.

REFERENTIES

1. J. Schumpeter, Business Cycles, Mc Graw-Hill, New York, 1939
2. M. Brady e.a., Robotics and Artificial Intelligence, NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlijn, 1984
3. CEPT/T/ELT Doc. ESE (77) 10
4. J.L. Bordewijk, Beleidsvorming rond tele-informatie in de huiselijke sfeer, Jaarvergadering Nederlandse Maatschappij voor Nijverheid en Handel, Apeldoorn, 5 juni 1980
5. Discussienota materialenonderzoek, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, november 1983
6. Centraal Bureau voor de Statistiek, Tachtig jaren statistiek in tijdreeksen, 1979
7. C. Marchetti, The Automobile in a System Context, Technological Forecasting and Social Change, 23, 1983, 3-23
8. J.C. van Ours, Gezinsconsumptie in Nederland 1951-1980, thesis, 1986
9. G. Dondi en M. Toussaint, The workload of European Space Industry, ESA Bulletin, 38, 1984, 31-35
10. L.J.H. van der Meulen e.a., De gezondheidszorg in een macro-economisch perspectief (II), Economische Statistische Berichten, 10 september 1986, 877-883
11. C. Freeman e.a., Unemployment and Technical Innovation, Frances Pinter, London, 1982
12. P.J. van Noord e.a., Technologie en werkgelegenheid op sectorniveau, Ministerie van Sociale Zaken, maart 1986
13. G. Mensch, Stalemate in Technology, Ballinger, Cambridge (Mass.), 1979
14. J.J. van Duijn, The long wave in economic life, George Allen & Unwin, Boston, 1983
15. R. Coombs en A. Kleinknecht, New evidence of the shift toward process innovation during the long wave upswing, International Seminar on Innovation, Design and Long Cycles in Economic Development, London, 1983
16. G. Mensch, op.cit.

17. C. Freeman e.a., op.cit.
18. N. Rosenberg en C.R. Frischtak, Technological innovation and long waves, Cambridge Journal of Economics, 8, 1984, 7-24
19. F. Hirsch, Social limits to growth, Routledge & Kegan Paul, London, 1977
20. C.J. van der Klugt, Het Financiële Dagblad, 29 juli 1983
21. J.J. van Duijn, op.cit.
22. S. Kuznets, Secular Movements in Production and Prices, Houghton Mifflin, Boston 1930
J. Schumpeter, op.cit.
23. Z. Griliches, R&D and Productivity: Measurement Issues and Econometric Results, Science, 237, 3 juli 1987, 31-35