

Technologie en economie: een onderzoeksagenda

Luc Soete*

Toen de Programmacommissie Technologie en Economie in maart 1984 door de ministers van Economische Zaken, Onderwijs en Wetenschappen en Sociale Zaken en Werkgelegenheid werd ingesteld, werd in de¹ opdracht uitgegaan van twee basis-veronderstellingen die wellicht de overheersende mening en visie vertegenwoordigden van de (toenmalige en huidige) leden van de commissie maar die waarschijnlijk binnen de academische economische traditie niet als de meest voor de hand liggende basishypothesen beschouwd worden. Deze basisveronderstellingen kunnen als volgt worden omschreven: ten eerste dat technologische vernieuwing van uitermate groot belang is voor de economische ontwikkeling en de groei van een land zoals Nederland, ten tweede dat 'iemand' - men veronderstelt de overheid - bij machte zou zijn voorwaarden te creëren om de effecten van technologische vernieuwing zo 'gunstig' (wat dit in concreto ook moge betekenen) mogelijk te doen zijn.

Het belang van technologische ontwikkeling voor de groei van een land wordt ontegenzeggelijk in toenemende mate erkend in politieke kringen. Dit geldt niet alleen voor Nederland. In vrijwel alle OESO landen wordt meer en meer snelle en versnelde technologische vooruitgang als één van de aanbodverklaringen dan wel oplossingen voor de huidige structurele crisis aangegeven. Ondanks de toenemende populariteit van deze (neo-)Schumpeteriaanse crisisverklaring blijft haar 'academische' status echter een punt van discussie. De indruk die bij het lezen van het concept-evaluatierapport Programma Technologie-Economie opgewekt wordt, namelijk dat het niet gemakkelijk is geweest theoretisch 'academisch' onderzoek in vooral de universitaire wereld aan te wakkeren, is hiervan wellicht een weerspiegeling. Vanuit de academische economische hoek wordt immers zowel theoretisch als empirisch

* Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (MERIT), Rijksuniversiteit Limburg, Maastricht

1. Zoals de Programmacommissie het toen stelde: "Welke factoren zijn, uitgaande van het feit dat technologische vernieuwing van uitermate groot belang is voor de economische ontwikkeling van een land, in de relatie tussen technologie en economie bepalend en welke voorwaarden dienen te worden geschapen om het effect van technologische vernieuwing zo gunstig mogelijk te laten zijn?"

weinig belang toebedeeld aan de technologiefactor als sleutel in de verklaring van economische groei en meer bijzonder in de verklaring van de recente vertraging in produktiviteitsgroei. In Wijers' woorden (kaderschets versie 1985): het aanleveren van "bewijsmateriaal dat er een relatie tussen technologie en economie bestaat", en van informatie "over de vragen hoe die relatie verloopt en welke factoren in dat verband van belang zijn" blijft een cruciale factor in de economische analyse van technologie.

De meer theoretisch geïnspireerde argumentatie die hier (in paragraaf 2) naar voren gebracht wordt, vertrekt van het standpunt dat het bestaande economische begrippenkader ontoereikend en te beperkt is om hierop effectief een antwoord te kunnen geven. Dit heeft ook consequenties voor het meer empirisch georiënteerde onderzoek op dit gebied dat wellicht het duidelijkst door de Programmacommissie is aangewakkerd. Een aantal kritische kanttekeningen bij dit soort onderzoek is dan ook mogelijk (zie paragraaf 3). Wat dit inhoudt voor beleidsanalyses wordt kort weergegeven in de conclusies.

1 Technologische prestaties: de Nederlandse situatie vanuit een internationaal perspectief

Uit gegevens met betrekking tot de meest traditionele technologie-indicator, uitgaven voor Onderzoek en Ontwikkeling (verder afgekort als R&D) blijkt dat Nederland vooral gedurende de laatste tien jaar een duidelijke achterstand heeft opgelopen ten opzichte van de meeste andere OESO landen (zie o.a. Patel en Soete, 1987). In de meeste van deze landen is sinds 1978/79 een duidelijke breuk vast te stellen in de ratio: totale en partikulier gefinancierde BERD (Business Enterprise R&D)/industriële toegevoegde waarde in verhouding tot de toename in de materiële welvaart (BBP per hoofd) van deze landen. Het met elkaar verbinden van de verschillende jaren geeft (vooral voor de technologische 'catching up' landen: Japan en de meeste Europese landen) duidelijk de opwaartse trend weer in de 'binnenlandse' R&D-inspanning die de verschillende landen zich hebben moeten getroosten om hun materiële welvaart verder te zien stijgen gedurende de jaren zestig en zeventig. Het verschil tussen de totale BERD/toegevoegde waarde ratio en de partikulier gefinancierde BERD/toegevoegde waarde ratio geeft een idee van het belang van de overheidsbijdrage in totale BERD uitgaven.

De toename van de R&D-intensiteit lijkt voorts in de eerste plaats het resultaat te zijn van de toename in het partikulier gefinancierde onderzoek. De dalende R&D-intensiteit in de Verenigde Staten gedurende de jaren zestig moet voornamelijk op het conto van de overheid geschreven worden (einde van het Apollo programma, enz.). Het feit dat de recente toename in R&D-inspanning niet gepaard is gegaan met een evenredige toename in de materiële welvaart, maar eerder omgekeerd met een stagnatie en zelfs daling in het BBP per hoofd, is een eerste aanwijzing voor een achtergrond van het verschijnsel dat de meer recente ekonometrische groei-'accounting'-analyses met zo weinig positiefs voor de dag komen als het gaat om de bijdrage van technologie en wetenschap aan de economische groei en de materiële wel-

vaart (in paragraaf 3 wordt hier dieper op ingegaan).

In tegenstelling tot de trend voor Japan en de meeste Europese landen blijkt Nederland eerder gekarakteriseerd te worden door een vrijwel continue daling in de BERD/toegevoegde waarde ratio. Deze daling is duidelijk het gevolg van een daling in de intensiteit van de partikulier-gefinancierde R&D-uitgaven. Anderzijds blijkt de stijging in de R&D-intensiteit gedurende de meest recente periode voornamelijk geschraagd te zijn op een stijging in de van overheidswege gefinancierde R&D-uitgaven. Hoezeer Nederland in dit opzicht afwijkt van haar voornaamste Europese handelspartners wordt getoond in tabel 1. Het percentage van het BBP dat uitgegeven werd aan *niet-defensie* gerichte R&D was in 1967 in Nederland één van de hoogste ter wereld (2,09%). In 1983 lag dit percentage reeds beduidend lager dan in Japan, Zweden, West Duitsland en de Verenigde Staten. Het is vooral de trend die opvalt. Nederland is met het Verenigd Koninkrijk het enige land waar een duidelijke daling waarneembaar is in dit percentage, terwijl voor de meeste andere OESO landen, vanaf 1978/79 een duidelijke toename is vast te stellen. De specifieke rol die de partikuliere sektor speelt in het achterblijven van de R&D-inspanningen komt opnieuw sterk naar voren in tabel 2, die over de periode 1967-1985 voor dezelfde OESO landen het percentage van de industriële toegevoegde waarde toont dat door de industrie zelf aan R&D wordt besteed. Opnieuw valt de dalende trend in de Nederlandse ratio op: in 1967 met het Verenigd Koninkrijk één van de hoogste ratios, in 1984/85 duidelijk achter op de meeste andere Europese landen.

Hoe de Nederlandse situatie afwijkt van andere min of meer vergelijkbare OESO-landen, vooral wat de meest recente periode betreft, wordt getoond in figuur 1. In deze figuur worden enerzijds de BERD-uitgaven van Nederland, Canada, Zweden en België, in absolute en lopende prijzen over de periode 1979-1985 vergeleken (figuur 1A), en anderzijds de percentages van de BERD die rechtstreeks door de overheid gefinancierd werden (figuur 1B).

Tabel 1 BERD (niet-defensie) als een percentage van het BNP

	US	JP	WG	FR	GB	IT	SE	NL	BE	DN
1967	1,96	1,56	1,57	1,61	1,77	0,71	0,88	2,09	1,25	0,83
1968	2,00	1,65	1,64	1,67	1,77	0,77	0,90	2,10	1,27	0,87
1969	1,94	1,70	1,65	1,63	1,78	0,81	0,97	2,07	1,24	0,90
1970	1,89	1,83	1,88	1,55	1,82	0,86	1,06	2,08	1,30	0,96
1971	1,84	1,88	2,04	1,57	1,71	0,89	1,18	2,13	1,38	0,99
1972	1,76	1,92	2,08	1,55	1,61	0,89	1,26	2,11	1,40	0,98
1973	1,74	1,95	1,94	1,47	1,63	0,86	1,31	1,98	1,40	0,97
1974	1,76	2,01	1,98	1,27	1,66	0,81	1,40	2,01	1,30	0,97
1975	1,75	1,99	2,10	1,45	1,48	0,91	1,45	2,08	1,29	0,99
1976	1,76	1,99	2,02	1,44	1,49	0,84	1,47	2,03	1,28	0,94
1977	1,73	1,96	2,01	1,43	1,53	0,86	1,54	1,95	1,33	0,94
1978	1,72	1,98	2,11	1,40	1,57	0,82	1,60	1,93	1,34	0,95
1979	1,79	2,08	2,27	1,42	1,55	0,83	1,64	1,84	1,39	0,95
1980	1,89	2,21	2,30	1,43	1,55	0,84	1,81	1,85	1,45	1,02
1981	1,88	2,35	2,38	1,52	1,71	0,96	2,03	1,85	1,54	1,07
1982	1,96	2,45	2,47	1,59	1,68	1,01	2,23	1,85	1,60	1,07
1983	1,97	2,65	2,46	1,69	1,58	1,15	2,38	1,86	1,70	1,11

Tabel 2 Door industrie gefinancierde BERD als een percentage van industriële toegevoegde waarde

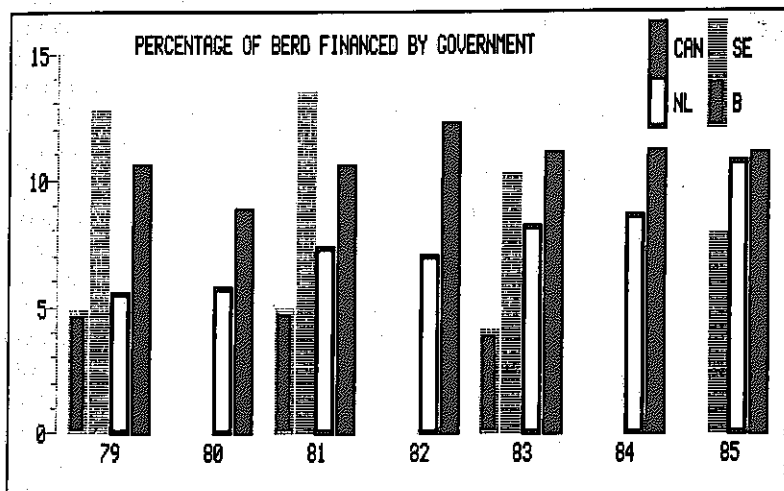
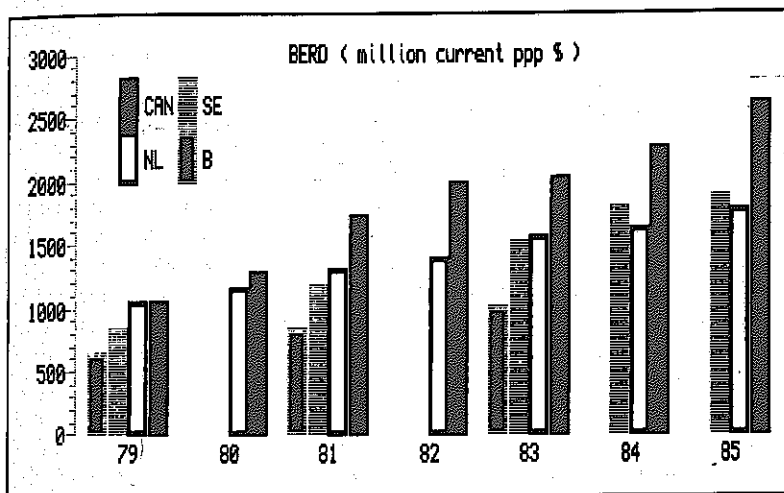
	US	JP	WG	FR	GB	IT	SE	NL	BE	DN
1967	1,14	0,90	1,07	0,74	1,33	0,40	0,94	1,30	0,70	0,45
1968	1,16	1,02	1,14	0,79	1,29	0,44	0,94	1,28	0,70	0,49
1969	1,19	1,07	1,11	0,81	1,24	0,46	0,93	1,36	0,68	0,53
1970	1,20	1,19	1,19	0,85	1,16	0,51	1,02	1,33	0,71	0,59
1971	1,15	1,18	1,26	0,84	1,10	0,54	1,14	1,35	0,75	0,61
1972	1,13	1,20	1,22	0,84	1,04	0,55	1,20	1,35	0,79	0,59
1973	1,15	1,22	1,15	0,81	0,96	0,50	1,22	1,22	0,84	0,59
1974	1,19	1,29	1,18	0,84	0,97	0,49	1,20	1,27	0,85	0,58
1975	1,18	1,25	1,31	0,86	1,07	0,55	1,34	1,30	0,93	0,59
1976	1,18	1,24	1,29	0,91	1,10	0,49	1,43	1,25	0,94	0,58
1977	1,17	1,25	1,32	0,89	1,09	0,48	1,59	1,18	1,01	0,61
1978	1,19	1,25	1,35	0,91	1,14	0,45	1,67	1,15	1,03	0,63
1979	1,23	1,35	1,64	0,97	1,11	0,54	1,67	1,11	1,13	0,63
1980	1,32	1,46	1,69	0,99	1,24	0,52	1,72	1,06	1,19	0,68
1981	1,38	1,58	1,75	1,03	1,29	0,59	1,85	1,08	1,22	0,74
1982	1,48	1,86	1,82	1,09	1,25	0,60	2,03	1,14	1,27	0,77
1983	1,49	2,11	1,86	1,15	1,21	0,60	2,17	1,17	1,32	0,82

We zien dat de Nederlandse bedrijven juist iets meer dan Canada, opmerkelijk meer dan Zweden en bijna het dubbele van België uitgaven aan R&D. Nederland stond hiermee vlak achter de zes grote OESO-landen (de VS, Japan, West-Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en Italië) en het speciale geval Zwitserland. In 1985 ligt Nederland in belangrijke mate achter op zowel Canada als Zweden, en lijkt het er zelfs op dat België een goede kans maakt in de nabije toekomst de Nederlandse cijfers te overtreffen.

Uit figuur 1B blijkt dat de Nederlandse overheid haar financiële bijdrage procentsgewijze vrijwel verdubbeld heeft, in tegenstelling tot Zweden, waar sprake is van een omgekeerde trend, en Canada en België waar de overheidsfinanciering zich nagenoeg op eenzelfde niveau gehandhaafd heeft. Opnieuw rijst de vraag wat de onderliggende redenen zijn van het in gebreke blijven van de particuliere sektor. Gesteld kan worden dat de brede trends aangegeven in figuur 1 in elk geval aantonen dat de toename in overheidssteun niet tot de verwachte samenwerking met de particuliere sektor geleid heeft, en mogelijk eerder als substituut gefunctioneerd heeft. Verdere uitbreiding van financiële R&D-steun van overheidswege zou vanuit dit standpunt zeker uit den boze zijn. In paragraaf 4 wordt op dit punt teruggekomen.

De hier gepresenteerde R&D-gegevens op makro-niveau zijn nuttig voor het aangeven van de brede trends in de inspanningen die een land zich getroost bij het 'zelf' verrichten van onderzoek en ontwikkeling. De geaggregeerdheid van de tot nu toe gebruikte gegevens staat echter niet toe uitspraken te doen met betrekking tot de gebieden, sectoren of zelfs produkten waarop dit onderzoek betrekking heeft. De enorme concentratie van R&D-uitgaven in een zestal ondernemingen leidt in Nederland tot grote problemen met betrekking tot het verkrijgen van R&D gegevens op sektorniveau. Zowel de chemische als de elektrische/elektrotechnische sektor worden niet verder gedaan.

Figuur 1 BERD-uitgaven



gegeerd teneinde te voorkomen dat gegevens die betrekking hebben op een individuele onderneming worden onthuld. Het valt dus niet te achterhalen in hoeverre de toenemende Nederlandse achterstand sektorspecifiek veel algemener van aard is. Voor de andere OESO-landen kan vastgesteld worden dat de sedert 1979 duidelijk waarneembare toename in R&D-inspanning zich vooral toegespitst heeft op de computersector (zowel hardware, software als de zogenoemde peripherals), de telecommunicatie- en elektronikasektoren en de farmaceutische nijverheid (vooral biotechnologie).

2 Economische theorie en technologische ontwikkeling

Vanuit de traditionele 'orthodoxe' economie blijkt het bijzonder moeilijk het begrip technologische vooruitgang in zijn verschillende dimensies modelmatig te omkapselen: het begrip is te gekompliceerd en wellicht ook te weinig economisch om daar aan te slaan. De traditionele noties van technologische vooruitgang in termen van belichaamd of onbelichaamd, en 'faktorvermeerderend' of neutraal, blijken te restriktief, vooral met betrekking tot de herleiding van het begrip technologie tot procesvernieuwingen, en te onmiddellijk met betrekking tot de veronderstelde effecten. Het cruciale proces van de diffusie van nieuwe technologieën wordt daarbij onvoldoende centraal gesteld. Het is dan ook niet verwonderlijk dat recente begrippen als 'natuurlijke' technologische trajecten, technologische paradigma's en dynamische leereffecten weinig gehoor vinden in de traditionele economische theorie (waarbij hier voornamelijk bedoeld wordt op algemene evenwichtstheorie). Verdere theoretische inzichten op dit gebied lijken dan ook slechts tot stand te kunnen komen door de ontwikkeling van een alternatief, meer evolutionair en dynamisch, geïnspireerd begrippenkader, waarbij non-ergodiciteit, padafhankelijkheid en bifurkaties eerder regel dan uitzondering zijn.

Uitgangspunt in deze alternatieve visie is dat technologie als 'kreatieve' dynamische faktor (opnieuw) centraal moet worden gesteld in de verklaring van economische processen en besluitvorming. Technologie in de zin van (dikwijls ondernemings-) specifieke en kumulative kennis, eerder dan in de zin van 'informatie' die kosteloos kan worden getransfereerd en gebruikt (Rosenberg, 1976). Technologie, met andere woorden, als kreatieve destructieve faktor enerzijds en als evolutionair leerproces anderzijds.

Sinds het geflirt van Marshall (1925) met biologische verklaringen voor economische processen is de economische theorievorming in navolging van Newton en de thermodynamika-wetten grotendeels gebaseerd op analogieën met de mechanika, waarbij de verschillende delen van het economische systeem met elkaar in verband gebracht kunnen worden volgens onveranderbare kausale 'wetten'. Dit dominante paradigma weerspiegelde de visie dat het heelal gedreven werd door een soort gigantisch 'klokwerk'-mechanisme, waarbij de wetenschap zich bezig hield met het opsporen van de verborgen 'natuurlijke' wetten.

Twee zulke natuurwetten werden ontdekt. In afwezigheid van 'friktie' (zoals planetaire beweging), is beweging onbelemmerd: er is geen 'netto' effect. Het bewegingsproces is met andere woorden perfect omkeerbaar. In het geval dat zich friktie-achtige processen voordoen, zal elke initiële beweging echter verdampen, totdat het systeem een thermodynamisch evenwicht bereikt, en totdat zijn initiële hoge graad van energie zich 'verstrooid' heeft in willekeurige, thermische beweging. Dit komt overeen met een onomkeerbare, deterministische neiging tot evenwicht, waarbij deze uiteindelijke situatie voorspeld kan worden als het maximum van het eigen thermodynamische potentieel (Allen, 1987). Het was uitermate verleidelijk dit

natuurkundig en thermodynamisch kader ook als basis te gaan gebruiken voor de verklaring van andere complexe systemen: in de biologie, de antropologie en ook de economie. Deze verklaringen werden dan gebaseerd op evenwichtsveronderstellingen en het zoeken naar een gepaste potentiële functie (nut, fitness, efficiëntie, etcetera) die de evolutie van deze systemen zou sturen.

"In this way, the classical theories of economics, of evolutionary biology and of anthropological interpretation have been permeated by the materialist ideas of the mechanical paradigm of classical physics. Carried deep within this is the idea of 'progress', of the rightful 'survival of the fittest' and of a natural 'justice' which must characterize the long term evolution of a complex system." (Allen, 1987, 6)

Zoals Allen terecht opmerkt blijken evenwichtsmodellen gebaseerd op deze ideeën in de praktijk echter weinig voldoening te schenken als beslissingsmodel. De waargenomen systemen zijn immers noch in evenwicht, noch noodzakelijkerwijs op weg naar thermodynamisch evenwicht. Levend materiaal evolueert haast per definitie in een situatie van onevenwicht. En hier kan evolutie leiden tot het tot stand komen van symmetrie-brekende instabiliteiten waaruit 'structuur' en organisatievorm als het ware te voorschijn komen.

Zoals deze zelf-organisatie modellen aantonen, ligt vanuit dit evolutionair, biologisch perspectief de bron van verandering in het systeem zelf, en in de eerste plaats in de capaciteit van het systeem tot vernieuwing, tot innovatie, tot technologische verandering. Twee invalshoeken blijken hier uitzonderlijk belangrijk. De eerste heeft betrekking op het concept creativiteit en de behoefte aan non-optimaal gedrag om creativiteit te bewerkstelligen. Een te grote graad aan konformiteit vermindert immers de creativiteit van het systeem. Zoals Allen betoogt:

(...) evolution does not lead to optimal behaviour, because evolution concerns not only 'efficient performance' but also the constant need for new discoveries. What is found is that variability at the microscopic level, individual diversity, is part of the evolutionary strategy of survivors, and this is precisely what mechanical 'systems' representations do not include. In other words, in the shifting landscape of a world in continuous evolution, the ability to climb (a hill) is perhaps what counts, and what we see as a result of evolution are not species or firms with 'optimal behaviour' at each instant, but rather actors that can learn".

De tweede invalshoek heeft betrekking op de dynamische leereffekten waarmee het proces van technologische verandering gepaard gaat. Centraal staan hier de mechanismen van de verdere ontwikkeling en spreiding van technologische verandering die hoe 'exogeen' ook vanuit een traditioneel-economische visie, endogeen zijn ten opzichte van het economisch, sociaal en maatschappelijke systeem. De notie (teruggaande op Schumpeter), dat technologische ontwikkeling gekenmerkt wordt door het bestaan van 'technologische paradigma's' (Dosi, 1982), die krachtige heuristische belichamen en

son en Winter's concept (1982) van technologische 'trajectories') is vanuit dit standpunt een interessante stathypothese. Het leidt tot een reeks argumenten met betrekking tot het belang van pad-afhankelijke, zogenaamde 'locked-in' technologische ontwikkelingen (Arthur, 1985, 1987), waarbij de korte termijn technologie keuzes eerder het resultaat zullen zijn van dikwijls kleine toevalligheden en non-optimaal gedrag en opnieuw weinig verband houden met lange termijn 'optimaliteit'.²

Veranderende paradigma's en 'normale' technologische vooruitgang binnen bestaande paradigma's bepalen de trends in diskontinue versus continue technologische ontwikkeling en komen aldus overeen met een meer systematische bron van mutatie. Daarbij kan het proces van 'Schumpeteriaanse concurrentie' juist beschouwd worden als de mikro-ekonomische gedragsbeschrijving en als de selectie-omgeving voor deze mutaties.

Het vakgebied der ekonomische geschiedenis sluit wellicht het nauwst aan bij deze alternatieve benadering. Dit is niet verwonderlijk. Traditioneel heeft de ekonomische geschiedenis het belang van de technologie-faktor voor de groei van een land of regio het meest duidelijk onderkend en omschreven. Al doende zijn daarmee ook de rol en het belang van het specifieke historische kader dat met de ontwikkeling en de spreiding van specifieke technologieën gepaard ging, sterk naar de voorgrond gehaald. In tegenstelling tot de traditionele ekonomische theorie, wordt aldus niet alleen het belang van louter ekonomische faktoren en faktor-beschikbaarheden geanalyseerd, maar ook dat van bijvoorbeeld historische toevalligheden, faktor-schaarsten en groei-beperkingen, immigratie, instituties en de rol van de overheid. Ontwikkeling en verdere spreiding van technologie wordt op deze wijze gezien als een globaal maatschappelijk proces waarin naast de ekonomische, ook de sociale, maatschappelijke en politieke faktoren een duidelijke rol krijgen toebedeeld. In het middelpunt komt te staan hoe zij de richting van 'ekonomische' groei zelf bepalen. Technologische vooruitgang wordt hierin niet herleid tot technologische innovaties en hun spreiding, maar omvat de imitatie van en rivaliteit met vreemde 'ingevoerde' technologie, alsook de aanpassing van bestaande technologie aan specifieke behoeften en konsumentenwensen. Vernieuwing en uitgaven voor vernieuwing (men denke bijvoorbeeld aan de uitgaven voor R&D) worden aldus een relatief begrip waarvan verondersteld wordt dat het zowel 'echte' (radikale, kumulatieve) innovaties omvat als de aanpassing aan, de imitatie van en de wedijver met door derden naar voren gebrachte technologische vernieuwingen.

Als nagegaan wordt hoe deze problematiek zich weerspiegeld heeft in de verschillende door de Programmacommissie (mede)gefinancierde onderzoeksprojekten binnen de 6 clusters van onderzoeksthema's, dan blijkt dat ekonomische theorievorming te weinig aandacht gekregen heeft en onvol-

2. Het meest beroemde voorbeeld van zo'n 'locked-in' technologie-systeem is wellicht het toetsenbord QWERTY waarmee praktisch alle computers nog steeds uitgerust zijn. Zoals werd aangetoond door Arthur (1984) en later David (1985), werd QWERTY zo'n honderd jaar geleden ontwikkeld met de specifieke bedoeling de typist tot langzaam typewerk te dwingen, zodat voorkomen werd dat de mechanisch aangedreven hamertjes in een kluis geraakten. Alle pogingen om een meer efficiënte letter ontlay in te voeren zijn tot nu toe mislukt.

doende bij de probleemstelling betrokken werd. Wat de clusters 1 (internationale handel, komparatieve voordelen en technologische ontwikkelingen), 2 (de Nederlandse produktiestructuur en technologische ontwikkelingen) en 3 (sektoren en technologische ontwikkelingen) betreft, blijkt dit in de meeste onderzoeksprojecten doordat er vrijwel uitsluitend aandacht wordt besteed aan empirische analyses. Dit kan waardevol zijn wanneer weinig bekend is over de sterke en zwakke technologische punten in Nederlandse produkten en sectoren. Het is ook weinig problematisch wanneer een beschrijving wordt gegeven van de invoering van technologieën in de verschillende industriële sectoren in Nederland. Zodra echter makro-economische relaties dienen te worden gelegd (zoals bijvoorbeeld in relatie tot economische groei en werkgelegenheid) duiken problemen op van theorievorming. Een goed voorbeeld hiervan wordt gevormd door het onderzoek naar de werkgelegenheidseffecten van technologische ontwikkeling. Enerzijds kan men stellen dat het hier een niet bestaande problematiek betreft. Fiskale en monetaire politiek zijn vanuit een traditioneel makro-economisch beleidsstandpunt de enige relevante variabelen. Wordt ook de mate van prijs- en looninflexibiliteit in de analyse gebracht, dan worden de makro-economische effecten van technologische ontwikkeling op de werkgelegenheid een probleem van aanpassing van goederen- en factorprijzen. Het zijn dan deze laatsten die als 'oorzaak' zullen worden gezien van een eventuele toename in werkloosheid of inflatie (als gevolg bijvoorbeeld van het uitblijven van een daling van de lonen bij arbeidsvermeerderende technologische vooruitgang). Voegt men daarentegen een theorie over deze inflexibiteiten toe aan de analyse, dan wordt de richting (de 'bias') van technologische verandering ook een cruciale faktor in de verklaring van de werkgelegenheidseffecten van technologie, en krijgt het makro-economische debat een veel duidelijkere distributiekleur, waarin ook loonsysteemkwesities, zoals de meer recente ideeën over winst-gerelateerd loon, ter discussie komen. Met andere woorden het theoretische kader waarbinnen de problematiek technologie-werkgelegenheid behandeld wordt, is doorslaggevend voor de gevoerde analyse en voor de vragen waarop uiteindelijk een antwoord zal worden gegeven. Zo blijven de meeste makro-analyses wel steken in het verontachtzamen van bepaalde probleemkaders. De Programmacommissie heeft in de laatste vier jaar heel wat vooruitgang geboekt in het aansporen van meer relevant onderzoek op dit gebied. De beperkingen in het voor de Programmacommissie verrichtte onderzoek blijven echter duidelijk: de distributieaspecten bij voorbeeld zijn voor zover mij bekend nooit ter sprake gekomen.

Bekijkt men deze problematiek op een meer gedesaggregeerd niveau dan blijken niet zozeer de effecten van technologische ontwikkeling op het algemene niveau van de werkgelegenheid, alswel de 'verplaatsingen' van werk de kern van de problematiek te vormen. De effecten komen dan naar voren op het niveau van specifieke scholing (tekorten versus overschotten), sectoren (groeiende versus afnemende), regio's ('sun rise' versus 'steel rust') en zelfs (vooral kleine) landen met weinig technologisch potentieel en een relatief beperkte industriële structuur (vergelijkbaar met grote 'steel rust'-regio's). Meer gedetailleerde kennis met betrekking tot de karakteristieken van

specifieke technologieën wordt in deze analyse van groot belang. De tijdstippen waarop deze technologieën scholingen, sectoren, regio's en zelfs landen beïnvloeden zijn eveneens van cruciaal belang.

Een theoretisch kader dat hier dikwijls geschikt lijkt is de diffusietheorie, omdat deze niet alleen de technologie en haar spreiding centraal stelt, maar deze laatste ook verklaart aan de hand van mikro-ekonomische factoren en gedragingen, en aldus de noodzakelijke binding tussen het makro- en mikro-niveau kan vormen. Gegevens met betrekking tot de spreiding van nieuwe technologieën, hun potentiële versus gerealiseerde efficiëntie-toename ontbreken echter veelal en kunnen slechts door detailstudie en 'pain staking' case studies verzameld worden. Het leggen van een relatie naar het makroniveau wordt hierdoor bemoeilijkt maar is vanuit beleids oogpunt gezien in een dergelijke benadering van groot belang. De discussie rond de spreiding en toepassing van informatietechnologie is hier een treffend voorbeeld.

Onlangs de intrinsieke moeilijkheden om op dit gebied snel vooruitgang te boeken, lijkt de Programmacommissie op dit gebied zowel empirisch als modelmatig de meeste vooruitgang geboekt te hebben. Dit komt wellicht ook door de specifieke bijdrage van het Studiecetrum voor Technologie en Beleid van TNO en haar uitgesproken technologisch uitgangspunt, die steeds opnieuw traditioneel ekonomische benaderingswijzen ter discussie durfde te stellen en aldus ook op modelmatige gebied gezorgd heeft voor prikkels om alternatieve, meer technologisch geïnspireerde en realistische zienswijzen te ontwikkelen. Theorievorming blijft echter een zwak punt in het door de Programmacommissie uitbestede onderzoek. Het is opvallend hoe sommige van de meest interessante voorstellen en ideeën uit de niet-ekonomische hoek kwamen, en hoe beperkt de rol van de ekonomische fakulteiten in het onderzoeksprogramma uiteindelijk gebleven is.

3 Toegepast empirisch onderzoek

Wanneer de empirische analyses van de relaties tussen technologie en ekonomie onder ogen worden genomen, kan de vraag naar relevantie alleen nog maar scherper gesteld worden. Het probleem spitst zich nu niet alleen meer toe op de gebrekkige theoretische onderbouwing van de vele empirische analyses, maar ook op de rudimentaire, zeg maar oppervlakkige, manier van het 'meten' van technologische 'vooruitgang'. Dit punt kan wellicht het best geïllustreerd worden aan de hand van het relatief eenvoudige onderzoek naar de tendens van de technologische ontwikkeling gedurende de laatste decennia.

Kenmerkend voor de technologisch geïnspireerde rapporten van het laatste decennium (van het rapport-Rathenau in 1979 tot het rapport-Dekker 'Wissel tussen Kennis en Markt' van de Advieskommissie voor de Uitbouw van het Technologiebeleid uit 1987) is de vaststelling dat het tempo van technologische ontwikkeling zowel in Nederland als internationaal sinds de jaren zeventig sterk is toegenomen. "Op een aantal terreinen" zo stelde het rapport Dekker "gaan de (technologische) ontwikkelingen zo snel, dat niet meer ge-

sproken kan worden van een geleidelijke 'aanpassing' maar van 'transformatie': vergaande veranderingen die ingrijpende gevolgen hebben voor de samenleving." Dit snelle tempo van technologische vernieuwing vraagt dan ook "om een vernieuwing in de sociaal-organisatorische verhoudingen", en brengt met zich mee dat "de scholingsgraad van de bevolking in hoog tempo zal moeten toenemen", aangezien juist "het tempo van technologische vernieuwing resulteert in snel veranderende beroepskwalificaties." Eenzelfde argumentatie is ook terug te vinden in de talloze buitenlandse analyses van de effecten van de zogenaamde 'nieuwe technologieën' op de groei, werkgelegenheid, scholing en internationale concurrentiepositie van de ontwikkelde Westerse landen en ook de ontwikkelingslanden (zie NAS, 1987; Kaplinsky, 1986; Freeman en Soete, 1985; James, 1986).

Deze stellingname vindt ook toenemende erkenning in politieke kringen. Zowel op nationaal, regionaal als internationaal vlak wordt ingespeeld op deze maatschappelijk aangevoelde technologische 'acceleratie'. In vrijwel alle OESO-landen wordt meer en meer snelle en versnelde technologische vooruitgang als één van de aanbodverklaringen dan wel oplossingen voor de huidige structurele crisis aangegeven. De erkenning van de technologische transformatie waaraan onze maatschappijen onderhevig zijn is mijn inziens terecht. Vooral de nieuwe informatietechnologieën kunnen in dit opzicht vergeleken worden met het 'opduiken' van een nieuw techno-ekonomisch 'paradigma' dat nagenoeg alle sferen van de maatschappij doorkruist, en in zijn gevolgen zowel destrukatief als creatief is (zie vooral Freeman en Perez, 1986 en 1987). Tegenover deze groeiende maatschappelijke bewustwording en unanimiteit staat de eerder paradoxale vaststelling dat empirische, economische analyses op dit gebied tevergeefs naar enige indicatie voor technologische acceleratie gezocht hebben. Het omgekeerde lijkt eerder het geval: in de gestileerde ekonometrische 'growth-accounting' analyses (zie Baily en Chakrabarti, 1987; Baily, 1986; Terleckyj, 1986 en Patel en Soete, 1987) wordt meer en meer vertrokken van een daling in technologische 'potency' (zie Evenson, 1984 en OECD, 1987) die mede aan de basis zou liggen van de vertraging in de groei van de produktiviteit in de jaren zeventig en tachtig.

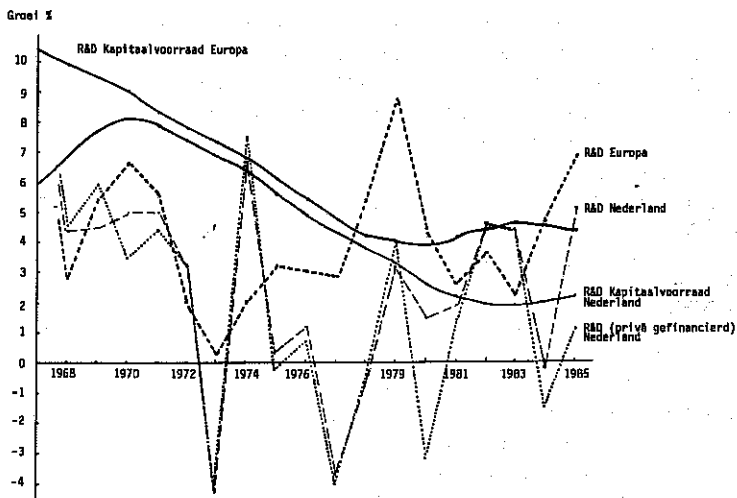
In het licht van de hierboven besproken trends in R&D-uitgaven is het echter ook niet verwonderlijk dat vanuit de empirische en vooral ekonometrische hoek weinig steun komt voor een verklaring van de economische groei in termen van een toegenomen rol van de technologie-faktor. Immers, vanuit de zogenoemde 'growth-accounting' benadering wordt een verklaring voor de trend in de zogenaamde 'totale' faktorproduktiviteit gezocht aan de hand van de R&D-uitgaven in vorige periodes. Wat Nederland betreft komt men dan tot de konklusie dat er inderdaad wel eens een relatief nauwe band zou kunnen bestaan tussen de daling in de groei van deze totale faktorproduktiviteit en de daling in de groei van de Nederlandse R&D-kapitaalvoorraad.

De groei in de geschatte Nederlandse R&D-kapitaalvoorraad is grafisch weergegeven in figuur 2³. Ter vergelijking is ook de groei in de geaggre-

3. De Nederlandse R&D-kapitaalvoorraad werd hier berekend op basis van de methode ontwikkeld in Soete en Patel (1985): dezelfde berekeningen werden ook verricht voor een tien-

geerde 'Europese' R&D-kapitaalvoorraad aangegeven. De daling in de groei in Nederlandse R&D-kapitaalvoorraad loopt ongeveer gelijk met de daling die ook voor Europa vastgesteld wordt, maar vertoont in tegenstelling tot Europa weinig neiging tot hervatting gedurende de meest recente jaren. De groei in BERD-uitgaven (totale en partikulier gefinancierde) is ook aangegeven. Opnieuw valt op hoe de groei in de partikulier gefinancierde R&D-uitgaven in Nederland sinds het midden van de jaren '70 achterloopt op zowel de groei in de totale Nederlandse R&D-uitgaven als op die in de Europese R&D-uitgaven.

Figuur 2 Groei in R&D kapitaalvoorraad: Nederland en Europa



Een aanwijzing voor het verband tussen deze R&D-trend en de groei in totale faktorproductiviteit in Nederland en sommige van de andere OESO-landen vindt men in tabel 3. De groei in de totale faktorproductiviteit en in de R&D-kapitaalvoorraad werden hier voor de periodes 1960/63-73, 1973-79 en 1979-86/85 naast elkaar gezet. Hierbij dient natuurlijk opgemerkt te worden dat de relatie waarvan hier sprake is, precies de omgekeerde is van die waarover we het hierboven hadden en die veelal in politieke kringen wordt aangehaald. Het betreft hier een verklaring voor de *daling* in totale productiviteitsgroei aan de hand van de vastgestelde *daling* in technologische vernieuwing, gemeten als de groei van de R&D-kapitaalvoorraad.

Het is interessant vast te stellen dat dit ook de centrale probleemstelling is in de meest recente ekonometrische groei-analyses (zie Griliches, 1985; Baily, 1987; Dubois, 1986 en buiten de groei-analyses de veronderstellingen gemaakt in Layard en Nickell, 1985): kan de vertraging in de Amerikaanse productiviteitsgroei en in de meeste andere OESO-landen verklaard worden door een vertraging in de technologische vernieuwing en innovatie?

Wat Nederland betreft is duidelijk dat het zoeken naar een relatie tussen de groei in de binnenlandse R&D-kapitaalvoorraad en de groei in efficiëntie in de eigen industrie een weinig interessante probleemstelling vormt. Vergaring van technologische kennis is immers een internationaal proces, dat uiteindelijk weinig relatie behoeft te hebben met de lokatie van de produktie-activiteiten. Gegevens omtrent betalingen voor geïmporteerde technologie, gebaseerd op de technologische betalingsbalans van een land, kunnen hier eventueel enige bijkomende indicatie geven, maar zullen slechts een klein gedeelte van de werkelijk ingevoerde technologie omvatten.

Tabel 3 *Totale faktorproductiviteit, R&D-kapitaal en groei van output (Partikuliere ondernemingen, jaarlijkse percentuele veranderingen).*

		1960-86	1960-73	1973-79	1979-86	1981-86
Nederland	TFP groei	1,0	2,6	0,9	0,4	0,8
	groei output	2,1	4,7	2,5	0,7	0,9
	BERD voorraad	5,0	6,9	4,7	2,1	2,0
Verenigde Staten	TFP groei	0,4	1,2	-0,4	-0,2	0,3
	groei output	3,1	3,9	2,6	2,2	2,7
	BERD voorraad	4,0	6,5	1,3	2,7	3,2
Japan	TFP groei	0,9	1,7	0,8	0,2	0,6
	groei output	5,5	8,1	3,8	3,9	4,2
	BERD voorraad	13,1	17,4	11,3	7,6	8,1
West-Duitsland	TFP groei	1,8	2,7	1,2	0,8	1,6
	groei output	3,8	5,6	2,4	1,6	1,7
	BERD voorraad	9,6	13,0	7,5	6,0	6,2
Frankrijk	TFP groei	1,4	2,7	0,8	0,3	0,6
	groei output	3,7	5,9	3,2	1,2	1,3
	BERD voorraad	11,9	19,2	7,0	4,7	4,6
Verenigd Koninkrijk	TFP groei	1,3	1,9	0,1	2,0	3,5
	groei output	2,3	3,3	1,4	1,6	3,3
	BERD voorraad	4,1	7,3	1,1	1,8	2,2
Italië	TFP groei	0,7	1,7	0,9	0,3	0,3
	groei output	2,3	3,9	2,6	1,3	1,0
	BERD voorraad	6,8	7,7	7,3	4,8	5,2
Canada	TFP groei	1,2	2,7	1,5	1,4	1,3
	groei output	2,3	5,3	2,2	1,2	1,1
	BERD voorraad	6,8	8,8	4,4	6,6	7,2
Zweden	TFP groei	0,1	0,4	-0,3	0,9	1,7
	groei output	1,5	1,9	1,1	1,8	2,5
	BERD voorraad	5,6	5,6	5,7	5,5	5,4

De inputs zijn kapitaal en arbeid, niet gecorrigeerd voor uren. De gegevens zijn gebaseerd op faktor-verhoudingen in 1985 en veranderingen in logaritmische funkties.
Bron: OECD en eigen berekeningen

Eenzelfde probleem doet zich voor indien met behulp van in- en uitvoer statistieken de internationale concurrentiepositie van een land in technologisch hoogwaardige produkten wordt geanalyseerd. Een belangrijk deel van de gerealiseerde in- en uitvoer heeft immers betrekking op zogenaemde 'intra-firm' handel waarbij de lokatiebeslissingen van de betrokken multinationale

ondernemingen van doorslaggevende aard zullen zijn. Opnieuw hoeft er weinig relatie te bestaan met het technologisch concurrentievermogen van het land. De zeer positieve Ierse handelsbalans in technologisch hoogwaardige producten houdt bijvoorbeeld weinig verband met het 'reëel' technologische concurrentievermogen van dat land. De relevantie van empirisch economisch onderzoek staat ook ter discussie in het debat omtrent de scholingsimplicaties van de zogenaamde nieuwe technologieën, en in het bijzonder de informatietechnologieën. In tegenstelling tot de omarming van de specifieke opleidings- en scholingseisen, herscholing en mobiliteit in het bedrijfsleven en bij de overheid, staan de vraagtekens die vanuit gereputeerde academische hoek (zie onder meer de analyses van het Amerikaanse Bureau of Labour Studies: Silvestri, Lukasiewicz en Einstein, 1983; Eck, 1984; die van Stoneman voor de ICCP-eenheid van de OESO: OECD/ICCP, 1987; en die van het Centre for Labour Economics van de LSE: Layard en Nickell, 1985) gezet worden bij de reële economische effecten van deze nieuwe technologieën en de ermee verband houdende vereisten voor herscholing en onderwijs.

Hoe academisch dit debat ook moge lijken voor de niet-econoom, de implicaties van de grove ongeschiktheid van empirische analyses op dit gebied zijn verstrekkend. Het achterwege blijven van een gepast theoretisch kader waarbinnen technologische, structurele veranderingen geanalyseerd zouden kunnen worden, houdt immers ook in dat beleidsvoorstellen op het gebied van technologie een theoretische onderbouwing missen en aldus dikwijls een ad hoc karakter krijgen. In het beste geval worden beslissingen genomen op basis van min of meer succesvolle instituties, organisaties, of initiatieven zoals die zich in andere landen hebben voorgedaan.⁴ Het behoeft hier geen betoog dat zo'n institutionele uit naijver geboren nabootsing weinig rekening houdt met de specifieke noden, omgevingsfactoren, reeds bestaande instituties en organisaties in het eigen land. Het houdt ook geen rekening met de achtergrond, historische eigenheid en noden van de buitenlandse gekopieerde instituties en organisatievormen.

4 Het overheidsbeleid

Vanuit de traditionele economische visie zal overheidsbeleid ten overstaan van wetenschap en technologie in de eerste plaats ingegeven worden door

4. Men denke bijv. aan de Europese pre-kompetitieve R&D-samenwerkingsprojecten zoals Esprit, gekopieerd van de Japanse VLSI samenwerkingsakkoorden. Deze laatste werden door de Japanse overheid (MITI) in het leven geroepen als reactie op de gebrekkige 'kennis-transfer' tussen de grootste Japanse ondernemingen. Deze gebrekkige kennisoverdracht vond echter zelf haar oorsprong in het systeem van 'permanente' tewerkstelling in deze ondernemingen. Dit systeem houdt weinig hoog-(en laag)geschoolde arbeid- en kennismobiliteit *tussen* ondernemingen in, maar spoort anderzijds wel aan tot arbeid- en kennismobiliteit *binnen* de onderneming. Technologische kennis wordt hiermee sterk 'geïnternaliseerd' en verbonden aan de onderneming. De problematiek in de 'typische' Amerikaanse en Europese onderneming zou wel eens een volledig andere vorm kunnen aannemen, waarbij de gebrekkige mobiliteit van kennis en informatie *binnen* de onderneming het hoofdprobleem vormt,

relatief 'minimalistische' vragen zoals: is hier sprake van marktvaling of sub-optimaliteit in wetenschapsbeoefening of onderzoeksinspanning? Sinds Arrow's cruciale bijdrage op dit gebied zo'n 25 jaar terug, aanvaardt men dat marktvaling hier inderdaad één van de intrinsieke karakteristieken is en dat onderinvestering in R&D de logische uitkomst van de werking van het marktmechanismen zal zijn. Hierbij dienen echter twee kanttekeningen te worden gemaakt: enerzijds dat hieruit niet hoeft te blijken dat de overheid meer geschikt zou zijn R&D-inspanningen toe te wijzen of eventueel te plannen, en anderzijds dat zoals de meer recente organisatieliteratuur aantoonst (zie onder meer Dasgupta en Stiglitz, 1980), een meer realistische marktstructuur (zoals oligopolie) zeer duidelijke R&D-verhogende effecten zal hebben.

In de praktijk is een en ander echter aanleiding geweest voor de meest uiteenlopende, zelfs tegenstrijdige beleidsinitiatieven. Grootse nationale of internationale prestigeprojekten die rechtstreeks gefinancierd, gepland en in enkele gevallen zelfs opgezet werden door de overheid leidden vaak tot schoolvoorbeelden van 'overheidsvaling'. Anderzijds werden sterk monopolistische of oligopolistische sectoren die instrumenteel waren geworden in het continue genereren en plannen van onderzoeksinspanningen, onder druk gezet of in het geval van het Amerikaanse AT&T zelfs opgesplitst, met alle consequenties van dien voor de tot dan toe gecentraliseerde onderzoeksinspanningen (Bell Labs).

Vanuit de hier gehanteerde optiek staat veeleer centraal de rol van de overheid in het scheppen van de geschikte randvoorwaarden waarbinnen het dynamische proces van technologische vernieuwing zich ontwikkelt. Technologische ontwikkeling is immers in de hier voorgestelde benadering geen 'exogeen' door wetenschappers en technologen geproduceerd gegeven, maar een 'endogeen' proces, geïntegreerd in en bepaald door het maatschappelijke kader. De maatschappelijke integratie van technologie is niet louter economisch: de economische haalbaarheid van een nieuw proces of produkt is wel van doorslaggevende aard in de verdere ontwikkeling en het eventueel op de markt brengen van technologische vernieuwing - juist wanneer deze regel niet gevolgd wordt, komt men tot de hierboven gememoreerde prestige-projekten. Het is echter ook de maatschappelijke, ethische en sociale context die de randvoorwaarden stelt waarbinnen technologische vernieuwing aangepast, zelfs geselecteerd zal worden. In deze benadering is technologische vernieuwing dan ook een veel ruimer begrip: het omvat niet alleen onderzoek, maar ook ontwikkeling in de echte zin van het woord: de spreiding en imitatie van nieuwe technologieën en de ermee gepaard gaande sociale en organisatorische veranderingen en innovaties. Juist de economische, sociale en maatschappelijke randvoorwaarden zijn van cruciaal belang voor de spreiding van technologische vernieuwing. Tot deze randvoorwaarden kunnen behoren:

- op economisch vlak: het afwegen van het relatief vroeg stellen van standaarden tegenover de behoefte aan variëteit en creativiteit, maar ook het veel breder taxeren van de balans tussen 'learning' in al zijn dimensies (learning-by-doing, learning-by-using, en learning-by-learning) en selectie:

- op edukatief vlak: de relatief specifieke vraagstelling naar het al dan niet beschikbaar zijn van de vereiste scholing zowel in de sectoren van oorsprong van technologische vernieuwing als in gebruikerssectoren, maar ook de veel bredere vraagstelling naar het vanuit technologische vernieuwing geschikte onderwijscurriculum in scholen en universiteiten; etc;
- op maatschappelijk, sociaal en ethisch vlak: alle aspecten van milieu, veiligheid, privacy, mens-machine interface, job demarkatie, ethnische gedragscodes, kortom alles wat valt onder de noemer van maatschappelijke regulering en technologisch aspectenonderzoek.

Het 'actief' creëren van de gepaste randvoorwaarden behoort in de hier geschetste benadering niet alleen tot de financiële en economische sfeer, maar omvat ook de sociale, edukatieve, maatschappelijke en juridische sfeer. Het eigenlijke R&D beleid is hiervan slechts een klein onderdeel, en omvat niet zozeer het toekennen van subsidies en andere financiële steun, als wel het aanpassen van de randvoorwaarden voor succesvolle R&D binnen de particuliere sektor en de overheid. Wat dit inhoudt zal afhangen van sektor tot sektor (of zeg maar technologisch gebied). In concreto kan dit het aansporen dan wel het initiëren van samenwerkingsverbanden tussen particuliere ondernemingen of tussen overheid en bedrijfsleven in bijvoorbeeld de elektronika betekenen, het steunen van universiteiten in het naar buiten brengen van onderzoeksresultaten en het leggen van contacten met de commerciële sektor in de biotechnologie-sfeer. Dit betekent niet zozeer het versterken van de wisselwerking tussen 'markt' en publieke kenniscentra, als wel het aansporen van de wisselwerking tussen kennis vanuit de publieke sektor met haar eigen onderzoeksvariëteit, diversiteit en creativiteit en 'markt' in de zin van commercialisatie. Het houdt echter ook in het zetten van standaarden en normen, niet alleen met betrekking tot de economisch-kommerciële sfeer maar ook in de zin van konstruktieve 'technology assessment': het actief sturen en aangeven van richtlijnen met betrekking tot verdere technologische vernieuwing, daar waar zich maatschappelijke, ethische en ook sociale negatieve gevolgen kunnen voordoen.

Korte termijn-marktkeuzes houden in het hier voorgehouden theoretische kader niet noodzakelijk lange-termijn optimaliteit in. Het is duidelijk dat het stellen van de brede waaier van maatschappelijke 'normen' de taak is van de overheid, en wellicht meer nog dan in het geval van het bedrijfsleven, op basis van internationale samenwerking tussen Europese overheden.

De waaier van relevant onderzoek naar de relatie tussen technologie en economie is met andere woorden breed. Hij omvat niet alleen onderwerpen en vraagstellingen vanuit zowat alle subdisciplines van de economische wetenschap, maar ook een bereidheid tot een bredere multi- en zelfs interdisciplinaire kijk op de problematiek: een reden wellicht waarom de hedendaagse economie als 'wetenschap' nog steeds in gebreke blijkt in het effectief inkorporeren van technologische *verandering* in economische verklaringsprocessen. Zoals Nathan Rosenberg het stelt: "With apologies to Clemenceau it might be said that if technological change is not too important a subject to

be left to the economist, it certainly is too diverse a subject to be left to the economist who refuses to step across narrow disciplinary boundaries" (Rosenberg, 1985, 1).

Literatuur

- Allen, P., 1987, Evolution, Innovation and Economics, in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., & L. Soete (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Frances Pinter, London, te verschijnen.
- Arthur, B., 1984, Competing Technologies and Economic Prediction, *Options*, I.I.A.S.A. Laxenburg.
- Arthur, B., 1985, Information, Imitation, and the Emergence of Technological Structures, Mimeo, Stanford.
- Arthur, B., 1986, Industry location patterns and the importance of history, *Center for Economic Policy Research*, Paper no. 84, Juni, mimeo.
- Arthur, B., 1987, Competing Technologies: An Overview in Dosi et. al. (Eds.). op. cit.
- Baily, M., 1986, Productivity and the electronics Revolution, *Quarterly Bell Atlantic* (Summer).
- Baily, M. & A. Chakrabarti., 1987, *Innovation and the Productivity Crisis*, Brookings, Washington.
- Crandall, R. & K. Flamm., 1988) *Technology and Government Policy in Computers and Communications*, Brookings, Washington.
- Dasgupta P. & J. Stiglitz, 1980, Industrial structure and the nature of innovative activity, *Economic Journal*, vol. 90, p. 266-293.
- David, P., 1985, Clio and the Economics of QWERTY, *American Economic Review Proceedings*, 75, 332-337.
- Dekker-Rapport, 1987, *Wissel tussen Kennis en Markt*, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, april.
- Dosi, G., 1982, Technological paradigms and technological trajectories, *Research Policy*, 11, p. 147-63.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. & L. Soete (Eds.), te verschijnen, *Technical Change and Economic Theory*, Frances Pinter, London.
- Dosi, G., Pavitt, K. & L. Soete, te verschijnen, *The Economics of Technical Change and International Trade*, Wheatsheaf, Brighton.
- Eck, A., 1984, 'New Occupational Separation Data Improve Estimates of Job Replacement Needs', *Monthly Labor Review*, vol. 109, Maart, p. 3-10.
- Evenson, R., 1984, International Invention: Implications for Technology Market Analysis in Griliches, Z. (Ed.), 1984, *R&D Patents and Productivity*, NBER, The University of Chicago Press, Chicago.
- Freeman, C. & C. Perez, 1986, The Diffusion of Technical Innovation and Changes of Techno-Economic Paradigms. Paper presented for the Conference on Diffusion of Innovation at Venice, DAEST. Maart.
- Freeman, C. & C. Perez, 1987, Structural Crisis of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour, in Dosi et. al. (Eds.), op. cit.
- Freeman, C. & L. Soete, 1985, *Information Technology and Employment: An As-*

- essment, IBM, Brussel.
- Freeman, C. & L. Soete (Eds.), 1987, *Technical Change and Full Employment*, Basil Blackwell, Oxford.
- James, J., 1986, *Microelectronics and the Third World: An Integrative Survey of Literature*, prepared for the UNU Feasibility Centre on New Technologies, Maastricht, december.
- Kaplinsky, R., 1986, *Microelectronics and Employment A Review of Evidence*, ILO, Geneve.
- Layard, R. & S. Nickell., 1985, 'The Causes of British Unemployment', *National Institute Economic Review*, Februari, p. 62-85.
- Marshall, A., 1925, Mechanical and Biological Analogies in Economics, in Pigou, A. (Ed.) *Memorials of Alfred Marshall*, Macmillan, London.
- NAS, 1987, *Technology and Employment: Innovation and Growth in the U.S. Economy*, National Academy Press, Washington.
- Nelson, R.R. & S.G. Winter. 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. The Belknap Press of Harvard University Press, Boston.
- OECD, (1987) *Information Technology and Economic Prospects*, OECD, ICCP, no. 12, Parijs.
- Patel, P. & L. Soete, 1987, The Contribution of Science and Technology to Economic Growth: A Critical Reappraisal of the Evidence, OECD, *Technology and Industry*, Parijs, Oktober.
- Pavitt, K., 1987, On the Nature of Technology, Inaugural Lecture University of Sussex, 23 Juni, mimeo.
- Rathenau, W. (The Rathenau Report), 1979. *The Social Impact of MicroElectronics*, Government Publishing Office, 's Gravenhage.
- Rosenberg, N. 1976. *Perspectives on Technology*. CUP, Cambridge, (second edition, 1985).
- Silverberg, G., 1987, Modelling Economic Dynamics, in Dosi et. al. (Eds.), op. cit.
- Silvestri, G., J. Lukasiewicz & M. Einstein., 1983, 'Occupational Employment Projections through 1995', *Monthly Labor Review*, vol. 108, November, p. 37-49.
- Soete, L. & N. von Tunzelmann, 1988, Diffusion and Market Structure with Converging Technologies, in: Crandall R. & K. Flamm (Eds.) *Technology and Government Policy in Computers and Communications*, Brookings Institution.
- Soete, L., 1987, *Technologie en Economie*, Rijksuniversiteit Limburg, Ebudruk, Maastricht.
- Soete, L., 1987a, Economische Aspecten van Technologische Verandering, *ESB*, 20 mei 1987.
- Soete, L., 1987b, The Impact of Technological Innovation on International Trade Patterns: The Evidence Reconsidered, *Research Policy*, Vol. 16, p. 101-130.
- Terleckyj, N., 1986, The time pattern of industrial R&D on productivity growth, Washington, 11 oktober 1984.