

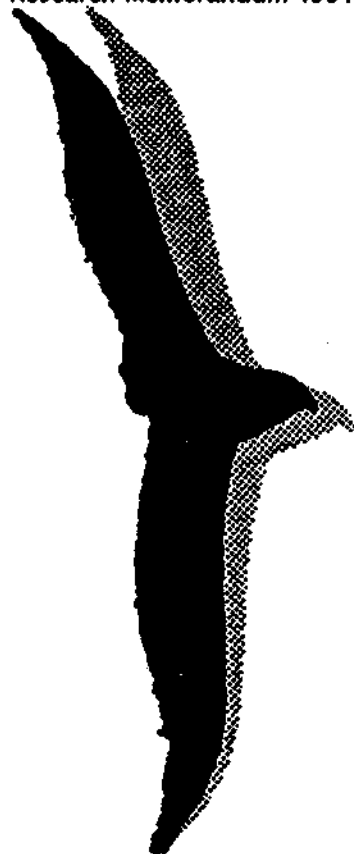
Serie research memoranda

Endogene technische ontwikkeling en technologiebeleid

F.A.G. den Butter

Research Memorandum 1991-76

November 1991



|a|l|e|r|t|

applied
labour
economics
research
team



ENDOGENE TECHNISCHE ONTWIKKELING EN TECHNOLOGIEBELEID

door F.A.G. den Butter*

1. Inleiding

Het economische voordeel van de technische ontwikkeling laat zich het liefst aan de hand van voorbeelden illustreren. De speldenfabriek van Adam Smith geniet in dit opzicht grote faam. Aan het begin van zijn 'Wealth of Nations' vertelt Smith dat een handwerksman die niet onderlegd is in de speldenmakerij en ook de hierbij gebruikte machinerieën niet weet te bedienen, in staat is per dag hooguit 1 speld te fabriceren. In een speldenfabriek kunnen daarentegen 10 man zo'n 48.000 spelden per dag produceren omdat zij de ongeveer 18 verschillende handelingen die nodig zijn om een speld te maken, onderling verdeeld hebben. Dit betekent een dagproductie van 4800 spelden per man. Ofschoon Smith dit voorbeeld met name noemt om het nut van de arbeidsverdeling aan te tonen, geeft het tevens een indruk van de rol van de technische ontwikkeling. Immers, slechts dankzij de inzet van gespecialiseerde machines gekoppeld aan de werkverdeling kan een speldenproductie op dermate grote schaal plaatsvinden.

Technische ontwikkeling betekent niet alleen het ontwerpen van de geschikte machinerieën, maar ook de organisatie van het productieproces in verschillende specialismen, de vakgerichte opleiding van de specialisten, de verspreiding van kennis over het fabricageproces en de zorg dat de machines daar te koop en leverbaar zijn, waar er behoefte aan is. Technische ontwikkeling bestaat niet alleen uit geniale vondsten en spectaculaire projecten, zoals de bouw van de Eiffeltoren of de maanexpeditie van de NASA, maar vooral uit kleine vernieuwingen en verbeteringen, en uit vruchtbare combinaties van bestaande ideeën. De fluitketel vormt hiervan een overbekend voorbeeld, maar ook een enkele jaren geleden in Nederland op de markt gebrachte paperclip, die bedrijven van hun logo kunnen voorzien, toont de kwaliteit van een geslaagde innovatie.

Het technologiebeleid positioneert zich in dit landschap van creatieve vernieuwers, op de toekomst gerichte producenten, weetgierige werkwillenden en visionaire verkopers.

* Hoogleraar Algemene Economie en coördinator van de onderzoeksgroep ALERT (Applied Labour Economics Research Team), Vrije Universiteit, Postbus 7161, 1007 MC Amsterdam. Dit opstel is mede gebaseerd op onderzoek verricht in het kader van het programma Beleidsstudies Technologie Economie, waarover gerapporteerd is in Den Butter en Wollmer (1991). In verkorte vorm wordt dit opstel opgenomen in een door J.W.A. van Dijk en L. Soete te redigeren bundel, die de resultaten van het onderzoek in het kader van de Beleidsstudies Technologie Economie samenvat.



Het beleid beoogt zoveel mogelijk dit landschap te verfraaien door het vervullen van de makelaars- en opkopersrol van goede ideeën, door met geld en applaus de creatieve ontplooiing aan te moedigen, en door zo nodig voor grote projecten de krachten te bundelen. De beleidmakers spreken in dit verband graag van een *voorwaardenscheppend* en ook wel van een *marktconform* beleid. In de casuïstiek op bedrijfsniveau laat zich goed overzien hoe dit beleidsoogmerk geconcretiseerd kan worden. Het 'Beleidsoverzicht Technologie 1990-1991' (Ministerie van Economische Zaken, 1990) geeft hiervan een uitgebreide opsomming.

De effectiviteit van deze landschapsverfraaiingen die het technologiebeleid oplevert laat zich echter voor de economie in zijn geheel niet zo scherp uittekenen. De bijdrage van het technologiebeleid aan de maatschappelijke welvaart blijft gewoonlijk verschuurd achter algemene formuleringen. 'De technologische vernieuwing is van groot belang voor de economische prestaties van volks- en bedrijfshuishoudingen', aldus Van Hulst (1991). Het Beleidsoverzicht Technologie stelt dat 'de technologie niet alleen in kwantitatief opzicht bijdraagt aan de economische groei, maar dat dit ook in kwalitatief opzicht het geval is'. Van Dijk en Van Hulst (1989) zeggen kortweg dat 'het technologiebeleid beoogt de technologische vernieuwing in ons land te stimuleren'. Deze beknopte formuleringen van het generaal oogmerk van het technologiebeleid bevatten in ieder geval de suggestie dat dit beleid, zoals eigenlijk al het overheidsbeleid, tot doel heeft om 's-lands welvaart te vergroten. In het licht van de traditionele doeleinden van macro-economische politiek richt het technologiebeleid zich daarbij voornamelijk op de groei en de werkgelegenheid, terwijl tegenwoordig ook milieu-aspecten steeds nadrukkelijker om de hoek komen kijken.

De band tussen een door het technologiebeleid gestimuleerde technische ontwikkeling en de economische groei is evident. Technologische vernieuwingen vormen immers de motor van de economische groei. De relatie tussen technische ontwikkeling en werkgelegenheid is daarentegen meer gecompliceerd. Aan de ene kant wakkeren technische vernieuwingen en de daarmee verbonden ontsluiting van nieuwe markten of de uitbreiding van bestaande markten de economische bedrijvigheid aan. Dit is gunstig voor de werkgelegenheid. Aan de andere kant kan technische ontwikkeling rationalisatie betekenen, waarbij voor het bereiken van hetzelfde productievolume minder arbeid nodig is. Dat heeft dan een aantasting van de werkgelegenheid tot gevolg. Helaas biedt de casuïstiek op het bedrijfsniveau niet voldoende informatie om dit soort complexe vraagstukken voor het voetlicht te brengen. Hiertoe is een macro-economische beschouwingswijze over de relatie tussen de technische ontwikkeling en andere vanuit een beleidsoogpunt relevante economische processen noodzakelijk.

Dit opstel beschouwt het belang van de technische ontwikkeling voor de groei en de werkgelegenheid vanuit deze macro-economische optiek. Het zicht op de macro-economische verbanden, en de rol van de technische ontwikkeling daarin, is niet alleen van belang om de plaats van het technologiebeleid vast te stellen en dienom-trent tot aanbevelingen te komen, maar ook om dit beleid in een breder kader te plaatsen en te confronteren met andere vormen van macro-economisch beleid, zoals

het werkgelegenheidsbeleid, het begrotingsbeleid, het loon- en prijsbeleid en, iets verder weg, het monetaire beleid. Macro-economische modellen vormen in de Nederlandse beleidsanalyse het middel bij uitstek om de onderlinge samenhang van al deze vormen van beleid te illustreren en om er de effecten van voorgenomen beleidsmaatregelen mee door te rekenen. Daarom wordt in de volgende paragraaf eerst aandacht besteed aan de inbouw van de technische ontwikkeling in de beleidsmodellen.

De groeitheorie levert de theoretische inspiratie voor het in deze modellen weergegeven verband tussen technische en economische ontwikkeling. In de traditionele groeimodellen blijft de technische ontwikkeling zelf onverklaard en is derhalve exogeen. Maar een recente opleving van de groeitheorie, ook wel omschreven als 'nieuwe' of 'endogene groeitheorie', beschrijft tevens de wijze waarop de technische ontwikkeling tot stand komt. Daarmee is de technische ontwikkeling geëndogeniseerd en blijft binnen de groeimodellen niet langer een onverklaard fenomeen. Paragraaf 3 van dit opstel geeft een kort overzicht van deze moderne groeitheorie en bespreekt de relevantie daarvan voor het technologiebeleid.

Vervolgens wordt in paragraaf 4 aandacht besteed aan onze empirische kennis over de bepalende rol van de technische ontwikkeling voor de economische groei. De zogeheten 'growth accounting' vormt de traditionele methode om de bijdrage van de technische ontwikkeling aan de groei te meten. Dit is echter een soort herleidenvormbenadering waarin geen rekening wordt gehouden met terugkoppelingseffecten die buiten de produktiesfeer om van invloed zijn op de relatie tussen technologie en de verschillende macro-economische doelvariabelen. Zo is de in de westerse industrielanden opgetreden daling van de arbeidsproduktiviteit niet noodzakelijkerwijs een gevolg van een verminderde groei van de technische ontwikkeling (en dus van het falen van het technologiebeleid) maar kan ook zijn opgetreden door het loonmatigingsbeleid, waardoor arbeidsintensieve produktiemethoden rendabel zijn gebleven. Voor een goed inzicht in de structuur van de economie is het nodig de determinanten van de technische ontwikkeling te kennen. De 'nieuwe' groeitheorie verschaft een aangrijpingspunt hiervoor, maar de ontwikkelde modellen zijn vooralsnog alleen theoretisch van aard. Tegen deze achtergrond is in ons eigen onderzoek gepoogd op basis van de neo-klassieke leer van het producentengedrag empirisch inzicht te verkrijgen in de produktiestructuur. Helaas bevatten tijdreeksgegevens op macro-niveau niet voldoende informatie om hier een volledig beeld van te verkrijgen. Vandaar dat we het beeld dat uit ons eigen onderzoek naar voren komt, hebben ingekleurd met empirische uitkomsten uit de literatuur.

Aldus poogt dit opstel een aanzet te geven voor de endogenisering van de technische ontwikkeling in empirische modellen, in navolging van de theoretische kennis die de nieuwe groeitheorie op dat gebied heeft opgeleverd. Deze endogenisering is bedoeld om de effectiviteit van het technologiebeleid beter te kunnen berekenen dan volgens de huidige stand van zaken mogelijk is. Op deze manier kan tevens het verband tussen het technologiebeleid en de overige vormen van macro-economisch beleid

beter worden geïllustreerd. Idealiter vallen dan ook de bijdragen van de verschillende vormen van het economisch beleid aan de economische groei en aan het bereiken van de overige beleidsdoelen beter te scheiden.

2. Technische ontwikkeling in de beleidsmodellen

Van oudsher kent Nederland een goede traditie dat gevolgen van beleidsmaatregelen met macro-economische modellen worden doorgerekend. Deze traditie is reeds in 1936 door Tinbergen gevestigd toen hij met hulp van het door hem geconstrueerde eerste macro-economische model voor Nederland de effectiviteit van verschillende vormen van conjunctuurbeleid heeft berekend. De modelmatige macro-economische analyse ten dienste van het overheidsbeleid is na de Tweede Wereldoorlog de kerntaak van het door Tinbergen gestichte Centraal Planbureau geworden. Jarenlang heeft het Planbureau als het ware een monopoliepositie op dit gebied ingenomen en ook tegenwoordig, nu een uitzaaiing van de macro-economische modellen voor beleidsgebruik heeft plaatsgevonden, leggen de modelberekeningen van het Planbureau nog altijd een zeer zwaar gewicht in de schaal van de Nederlandse beleidsanalyse.

Deze modelberekeningen hebben evenwel met name betrekking op de traditionele vormen van overheidsbeleid, waarbij de modeluitkomsten de gevolgen van dit beleid op consistente wijze in hun onderlinge samenhang, en in relatie met de buitenlandse economische ontwikkeling tonen. In de jaren vijftig en zestig lag de nadruk van de analyse bij de conjunctuurpolitiek en gingen de berekeningen voornamelijk over de gevolgen van het bestedingsbeleid. In de jaren zeventig ontstond ook belangstelling voor de structurele ontwikkeling van de economie en verschoof de aandacht van de beleidsanalyse zich in de richting van het werkgelegenheids- en loonmatigingsbeleid. In de jaren tachtig kwam daar vanwege het in die tijd sterk opgelopen financieringstekort van de overheid nog de belangstelling voor het monetaire en het budgettaire beleid bij.

De technische ontwikkeling en derhalve het technologiebeleid hebben nimmer centraal in de modelmatige beleidsanalyse gestaan¹. Natuurlijk dienen de modellen, die een zo nauwkeurig mogelijke beschrijving van de economische werkelijkheid geven, rekening te houden met het voortschrijden van de techniek. De technische vooruitgang is daarbij hoofdzakelijk gekoppeld aan de produktiefactor arbeid. De operationalisering van nieuwe technische vondsten maakt het mogelijk dat eenzelfde hoeveelheid produkt met minder arbeid dan voorheen wordt voortgebracht, of dat

¹ Althans niet in de macro-economische beleidsmodellen. Wel zijn ten behoeve van de WRR-studie 'Plaats en Toekomst van de Nederlandse Industrie' uit 1980 een viertal sectormodellen opgesteld om de industriële structuur in ons land te beschrijven, maar ook in deze modellen speelt de technische ontwikkeling slechts een bescheiden rol.

hetzelfde aantal arbeiders een grotere produktievolume dan voorheen weet op te leveren. Zo is de aandacht van de modellen gericht op de toename van de arbeidsproduktiviteit, die via een opvulling van de loonruimte in hogere reële lonen en dus in een verbetering van de koopkracht resulteert, zonder dat dit bedrijfswinsten behoeft aan te tasten. Ook beschrijven de modellen hoe de stijging van de arbeidsproduktiviteit aan de ondernemers de gelegenheid biedt om de prijzen te verlagen en om aldus aan concurrentiekracht te winnen.

De modellering van de technische ontwikkeling zelf is dan ook in de Nederlandse macro-economische beleidsmodellen lange tijd zeer eenvoudig gebleven. In het eerste model van Tinbergen uit 1936 komt de stand van de techniek tot uitdrukking in een negatieve trend-term in een technische vergelijking waarin de voor de produktie van consumptiegoederen ingezette hoeveelheid arbeid afhankelijk wordt gesteld van de hoeveelheid ingevoerde grondstoffen voor die consumptiegoederen en van de ingevoerde hoeveelheid afgewerkte consumptiegoederen. Ook in de eerste generatie na-oorlogse conjunctuurmodellen van het Planbureau is op deze eenvoudige wijze via een trend-term in de arbeidsvraagvergelijking met de technische ontwikkeling rekening gehouden.

De rol van de technische ontwikkeling is groter in de tweede generatie beleidsmodellen, waarvan het Vintaf-model de voornaamste representant is. In dit model worden verschillende jaargangen kapitaalgoederen onderscheiden waarbij iedere jaargang de stand van de techniek op het moment van ingebruikneming vertegenwoordigt. Met andere woorden, de technische ontwikkeling is in de jaargangen *geïncorporeerd*. Verondersteld is dat de technische ontwikkeling een arbeidsbesparend karakter heeft. Per geïnvesteerde gulden is het produktief vermogen van iedere jaargang gelijk (d.w.z. een constante kapitaalcoëfficiënt) maar de technische ontwikkeling uit zich doordat voor dit gelijke produktievolume bij iedere jaargang steeds minder arbeidskrachten nodig zijn. Nadat een jaargang eenmaal geïnstalleerd is blijft de verhouding tussen de produktie en het aantal arbeidskrachten constant: de technische ontwikkeling wordt geacht de efficiëntie van reeds geïnstalleerde kapitaalgoederen niet te vergroten.

Het spreekt vanzelf dat deze vormgeving van de technische ontwikkeling zeer specifiek is. De in Vintaf ingebouwde beschrijving van de produktiestructuur laat de ondernemer weinig keuze-mogelijkheden. Zo is hij bij installatie van nieuwe kapitaalgoederen gebonden aan een bepaalde techniek met een vaste verhouding tussen het produktievolume, het investeringsbedrag en het aantal werknemers dat voor deze produktiemiddelen benodigd is. Hij wordt niet geconfronteerd met een vloeiende isoquant waarbij hij, al naar gelang de relatieve omvang van de factorkosten, voor een meer arbeidsintensieve dan wel voor een meer kapitaalintensieve produktietechniek kan kiezen. En, zoals gezegd, na installatie van de kapitaalgoederen is de ondernemer helemaal gebonden aan de vaste verhouding tussen de produktiefactoren, zonder enige mogelijkheid tot (directe) substitutie.

De wijze waarop de technische ontwikkeling in Vintaf is ingebouwd vormt natuurlijk slechts één van de vele mogelijke alternatieven om dit te doen. Voor Nederland is ook een aantal andere modelleringsvormen voor de produktiestructuur en de invloed van de technische ontwikkeling daarop beproefd (zie Den Hartog, 1984, voor een overzicht). Uit het oogpunt van technologiebeleid is deze kennis over de precieze wijze waarop de technische ontwikkeling in het productieproces doorwerkt en daarmee de economische ontwikkeling beïnvloedt, van groot belang. Immers, de effectiviteit van het technologiebeleid zal verschillen al naar gelang de wijze waarop technische vernieuwingen hun weg in de produktiestructuur vinden. Bedacht moet echter worden dat het bij deze modellering op macro-niveau om een analogie-redenering gaat. De produktiestructuur van een representatief bedrijf wordt, zonder veel oog voor de aggregatieproblemen, op het landelijk niveau van toepassing verklaard. Ofschoon deze werkwijze op zich zeer zinvol is en een goede basis biedt voor de beleidsanalyse, blijkt het toch vrijwel onmogelijk om aan de hand van macro-economische gegevens te discrimineren tussen alle modelleringsalternatieven voor de produktiestructuur. Dit blijkt ook uit ons eigen empirische onderzoek terzake waarop we nog terugkomen. Daarom zij er nogmaals op gewezen dat er voor deze beleidsanalyse op macro-niveau ten behoeve van het technologiebeleid, dat zich per slot van rekening op de volkshuishouding in zijn geheel richt, grote behoefte bestaat aan relevante informatie op micro-niveau over de inrichting van het productieproces en over de wijze waarop technologische vernieuwingen daarin een rol spelen.

Terwijl de jaargangenbenadering van het Vintaf-model, zoals gezegd, aan de ondernemer geen ruimte biedt voor een directe substitutie tussen de produktiefactoren arbeid en kapitaal, wordt in dit model wel degelijk een door de relatieve factorprijzen gedreven indirect substitutieproces tussen deze beide produktiefactoren beschreven. De sleutelrol hierbij wordt vervuld door de economische levensduur van de kapitaalgoederen, dit wil zeggen de periode dat de kapitaalgoederen na installering in gebruik blijven. Deze hangt volgens het model af van de reële arbeidskosten. Wanneer deze reële arbeidskosten even snel stijgen als het groeitempo van de arbeidsbesparende technische vooruitgang compenseert de technische vooruitgang precies de arbeidskostenstijging. In dat geval wordt gemiddeld genomen per jaar één nieuwe jaargang in gebruik genomen en de oudste en meest arbeidsintensieve jaargang afgestoten. De economische levensduur blijft dan constant. Er is sprake van een evenwichtige economische ontwikkeling (een evenwichtige groei) waarbij de arbeidsproductiviteit even snel stijgt als de technische ontwikkeling.

Wanneer nu de arbeidskosten sneller stijgen dan de technische ontwikkeling worden de jaargangen kapitaalgoederen steeds eerder onrendabel en wordt per jaar meer dan één jaargang oude kapitaalgoederen afgestoten. De economische levensduur van de kapitaalgoederen neemt daarmee af. Bovendien vervallen de met de oude kapitaalgoederen verbonden arbeidsplaatsen, zodat de werkgelegenheid uit dien hoofde daalt. Het productieproces wordt in een versneld tempo meer kapitaalintensief. Indien aldus de groei van de technische ontwikkeling de toename van de arbeidskosten niet kan bijhouden, vindt er een indirecte substitutie van kapitaal voor arbeid plaats. Omge-

keerd, wanneer de arbeidskostenstijging bij het groeitempo van de technische ontwikkeling ten achter blijft, blijven de oude kapitaalgoederen langer rendabel en wordt per jaar minder dan één jaargang oude kapitaalgoederen afgestoten. Deze verlenging van de economische levensduur gaat gepaard met een verminderde afstoot van arbeid en dus, ten opzichte van de situatie van evenwichtige groei, met een indirecte substitutie van arbeid voor kapitaal. Dit is het welbekende mechanisme dat een modelmatige onderbouwing verschaft voor de gunstige effecten die een loonmatiging en daarmee een arbeidskostenmatiging voor de werkgelegenheid hebben.

Van essentieel belang is hierbij een onderscheid te maken tussen het groeitempo van de arbeidsbesparende technische ontwikkeling en de stijging van de arbeidsproductiviteit. In het geval van een evenwichtige situatie waarbij de arbeidskosten even snel toenemen als de technische ontwikkeling, is de arbeidsproductiviteitsstijging gelijk aan de toename van de technische ontwikkeling. Daarentegen neemt ten tijde van een grote looninflatie de arbeidsproductiviteit sterker toe dan de technische ontwikkeling. Omgekeerd ligt bij een loonmatiging de arbeidsproductiviteitsstijging lager dan het groeitempo van de technische ontwikkeling. Bij een gelijkblijvende voortgang van de techniek zal derhalve een loonmatiging een relatieve daling van de arbeidsproductiviteit te zien geven. Uit berekeningen van Den Butter (1991a) blijkt dat een belangrijk deel van de verminderde arbeidsproductiviteitsstijging (de 'productivity slowdown') in Nederland in de afgelopen 15 jaar kan worden toegeschreven aan het succesvolle loonmatigingsbeleid.

Wat betekent dit nu voor de technologiebeleid? In de eerste plaats dat een daling van de arbeidsproductiviteitsgroei niet noodzakelijkerwijs hoeft te duiden op een minder snelle technologische ontwikkeling en dus op het te kort schieten van het technologiebeleid. Dit kan evenzeer het gevolg zijn van een geslaagd loonmatigingsbeleid. Hiermee wordt tevens geïllustreerd dat de modelmatige beleidsanalyse zicht biedt op de wisselwerking tussen de verschillende vormen van beleid en deze in hun onderling verband plaatst. Ten tweede zou men binnen dit eenvoudige denkkader als doelstelling aan de technologiebeleid kunnen opleggen dat de arbeidsbesparende technische ontwikkeling hetzelfde tempo blijft behouden als vroeger. Zo'n beleidsnorm bevordert het werkgelegenheidseffect van een loonmatiging. Deze is immers in dat geval groter dan wanneer het groeitempo van de technische ontwikkeling niet op het oude niveau gehandhaafd kan blijven.

Een alternatieve, meer ambitieuze doelstelling van het technologiebeleid zou kunnen zijn om het groeitempo van de technische ontwikkeling op te doen voeren. Op zich bevordert zo'n technologische impuls de economische groei. Aan de andere kant worden oude jaargangen versneld onrendabel en is de bruto werkgelegenheidsgroei vanwege nieuwe investeringen kleiner dan in de situatie zonder versnelling van de technische ontwikkeling. Wanneer we ervan uitgaan dat de loonruimte volledig wordt opgevuld, blijkt uit modelberekeningen dat de netto uitstoot van arbeid vanwege arbeidsbesparing in geval van technologiebevordering groter is dan de extra werkgelegenheid vanwege de toegenomen economische groei. Kortom, onder deze condities is

zo'n positieve technologieschok goed voor de economische bedrijvigheid maar slecht voor de werkgelegenheid (Den Butter, 1991b).

Deze modellering in het jaargangenmodel van de technische ontwikkeling is echter voor een goede analyse van het technologiebeleid veel te weinig genuanceerd. Het model geeft immers slechts een bepaalde verschijningsvorm van de technologische ontwikkeling weer, en biedt geen ruimte om in die zin alternatieven te bezien. De belangrijkste beperking is echter dat in dit model de technische ontwikkeling exogeen en dus onverklaard blijft. Het model bevat geen achterliggende instrumenten om de technische ontwikkeling te sturen en beschrijft evenmin hoe de technische ontwikkeling mogelijkwerijs zelf het gevolg is van ontwikkelingen die zich elders in de economie voordoen. De endogenisering van de technische ontwikkeling zal derhalve vanuit het oogpunt van het technologiebeleid het model beter bruikbaar voor de beleidsanalyse maken.

In het huidige beleidsmodel van het CPB, het FK-model, is een deel van de technische ontwikkeling inderdaad endogeen gemaakt, zij het op vrij eenvoudige wijze en zonder een diepzinnige theoretische onderbouwing. Het gaat daarbij om de *niet-geïncorporeerde arbeidsbesparende technische ontwikkeling*, dit wil zeggen een technische ontwikkeling die er voor zorgt dat het gehele productie-apparaat, zowel oude als nieuwe jaargangen, met minder bemanning toe kan. Het jaarlijkse groeipercentage van deze technische vooruitgang is afhankelijk gesteld van de structurele productiegroei en van de reële arbeidskosten, gecorrigeerd voor arbeidstijdeffecten (zie ook Gelauff, Wennekers en De Jong, 1984). Hierbij fungeert de structurele productiegroei als proxy voor schaalvoordelen en voor leereffecten. De reële arbeidskosten zijn een benadering voor de substitutiemogelijkheden na installatie. Deze niet-geïncorporeerde technische ontwikkeling betekent dus ook een versoepeling ten opzichte van de rigide veronderstellingen over de produktiestructuur die aan het Vintaf-model ten grondslag liggen.

Het spreekt vanzelf dat een dergelijke endogenisering van de technische ontwikkeling belangrijke gevolgen voor de werking van het model heeft. Echter, omdat de inbouw van de endogene technische ontwikkeling nog op zeer eenvoudige wijze is uitgevoerd biedt deze modellering weinig extra aanknopingspunten voor het technologiebeleid. Daartoe is het ook nodig om de theoretische achtergronden van technologische vernieuwingen beter in kaart te brengen. Hiertoe biedt de moderne groeitheorie die in de volgende paragraaf besproken wordt, een aangrijpingspunt.

3. Moderne groeitheorie

De empirische jaargangenmodellen ontleen hun inspiratie aan de groeitheorie. De groeitheorie is een onderdeel van de macro-economie dat teruggaat tot het werk van Ramsey uit 1928, maar dat vooral in de jaren vijftig en zestig tot bloei is gekomen. In reactie en als aanvulling op de conjunctuurtheorie die zich op de korte termijn richt,

staat in de groeimodellen de economische ontwikkeling op (middel)lange termijn centraal. De modellen beschrijven hoe een economie zonder conjuncturele verstoringen naar een evenwichtspad tendeeert waarbij het groeitempo direct afhankelijk is van de mate van technische vooruitgang. Aldus vormt volgens deze modellen de technische ontwikkeling de voornaamste bron van economisch groei. De technische ontwikkeling zelf blijft echter in de traditionele varianten van deze modellen onverklaard. In welke vorm de technische ontwikkeling ook optreedt, kapitaalbesparend, arbeidsbesparend, neutraal, al dan niet geïncorporeerd in bepaalde jaargangen kapitaalgoederen, het blijft een exogeen gegeven, een 'manna from heaven', waaraan de economie zich onderwerpt en niets kan veranderen. En daarbij geven deze groeimodellen eigenlijk ook geen verklaring voor de groei zelf. Verschillen in ontwikkelingsniveau hangen af van initiële condities maar in de evenwichtssituatie is er bij een gelijke technische ontwikkeling geen sprake van verschillen in groeitempo.

Eigenlijk is deze exogeniteit van de technische ontwikkeling vooral een technische kwestie. Immers, een aan de groeimodellen opgelegde eis is dat deze een uit welvaartsoogpunt optimale, stabiele lange-termijnoplossing beschrijven. Hierbij geldt dat naarmate er meer gespaard en dus geïnvesteerd wordt, en in het heden minder productief vermogen aan consumptiegoederen wordt besteed, de toekomstige productie, gegeven het beschikbare arbeidspotentieel, hoger wordt. Maar voor een optimale lange-termijnoplossing moet natuurlijk ergens een evenwicht gevonden worden tussen veel consumptieve productie nu en in de toekomst. Vandaar dat de traditionele groeimodellen uitgaan van afnemende meeropbrengsten van de kapitaalgoederenvoorraad. Anders wordt de existentie van de stabiele lange-termijnoplossing in gevaar gebracht. Ook de endogenisering van de technische ontwikkeling waarbij een deel van het productief vermogen wordt aangewend om een betere productietechniek te ontwikkelen, laat zich moeilijk rijmen met deze bestaans eis van een stabiel groeipad vanwege cumulatieve effecten die tot toenemende schaalopbrengsten leiden.

Slechts zeer recentelijk zijn onder meer door Romer (1986, 1990) en Lucas (1988) groeimodellen ontwikkeld met een endogene technische ontwikkeling die ondanks de erin beschreven toenemende schaalopbrengsten bij inzet van kennis in de productie tot stabiele (en niet tot exploderende) groeipaden leiden. Deze 'nieuwe' of 'endogene groeitheorie' is in korte tijd zeer in de belangstelling komen te staan en heeft een grote opbloei van dit onderdeel van de macro-economie ingeluid. In deze groeimodellen wordt het bestaan van een evenwichtspad gegarandeerd door de veronderstelling dat de productie van kennis met afnemende meeropbrengsten gepaard gaat. Immers, tweemaal zoveel geld voor onderzoek betekent niet dat de daarmee opgebouwde kennis tweemaal zo groot wordt².

² Ook Rouwendal en Nijkamp (1989) onderzoeken de bestaansvoorwaarden van een evenwichtig lange-termijn groeipad in een groei-model waarin via de uitgaven voor onderzoek en ontwikkeling de technische ontwikkeling geëndogeniseerd is.

Naast de mogelijke schaalnadelen bij de produktie van kennis en de schaalvoordelen bij de inzet ervan in de produktie van consumptie- en investeringsgoederen speelt nog een derde element een rol in zo'n model met endogene technische ontwikkeling. Dit betreft de externe effecten van de kennisproduktie. Wanneer een bepaald bedrijf investeert in nieuwe kennis heeft dat ook gevolgen voor soortgelijke andere bedrijven. Immers, de nieuwe kennis is niet volledig geheim te houden of te beschermen d.m.v. patenten. Voor een deel zullen die andere bedrijven dus ook van de kennisproduktie profiteren, bij voorbeeld door de goede onderzoekers bij zo'n innoverend bedrijf weg te kopen.

De in het voorgaande besproken modelkarakteristieken betreffen de neo-klassieke variant van de moderne groeitheorie. Volgens deze variant is de bijdrage van de technische ontwikkeling aan de groei onder meer het resultaat van het besluit van de bedrijven om een gedeelte van hun geldmiddelen aan onderzoek en ontwikkeling (O&O) te besteden. Dit wordt geacht een rationele bestedingsbeslissing te zijn met winstmaximalisatie als oogmerk, aangezien de revenuen van de technische vernieuwingen, die het onderzoek en het ontwikkelingswerk opleveren, toch ook voor een deel uitsluitend aan het bedrijf toekomen. Dit geldt niet alleen voor vindingen die door patenten beschermd zijn, maar ook omdat het onderzoek en ontwikkelingswerk een kennisvoorsprong oplevert. Volgens deze zienswijze neemt de ondernemer dus niet alleen een beslissing over de optimaal in te zetten hoeveelheid arbeid en kapitaal, maar bouwt hij als het ware ook technologiekapitaal op, waarvan hij de voorraad kan vergroten door de O&O-uitgaven. In dit verband spelen tevens de zogeheten 'learning by doing' effecten een rol. Bovendien zal een rationeel calculerend bedrijf in geval van een relatief sterke stijging van de arbeidskosten via extra onderzoeksuitgaven pogen de produktiefactor arbeid voor technologiekapitaal, d.w.z. rationalisering, te substitueren. Dit is het mechanisme dat reeds op ad hoc basis in het FK-model is ingebouwd.

Genoemd is al een belangrijk aspect bij deze moderne groeitheorie, namelijk dat de technische ontwikkeling die het gevolg is van investering in O&O-uitgaven, nooit volledig toekomt aan het bedrijf dat deze uitgaven heeft verricht, maar gedeeltelijk ook algemeen bezit wordt, waarvan andere bedrijven profiteren. Bovendien spelen schaalvoordelen bij de inzet van de produktiefactor technologie een belangrijke rol in die zin, dat de omslag per produkt van de uitgaven voor de technologische vernieuwing kleiner wordt naar mate de markt voor dit produkt groter is. Een grote markt vormt derhalve een sterkere motor voor technologische vernieuwing dan een kleine. Hiermee is tevens de band aangegeven die er bestaat tussen de 'nieuwe' groeitheorie en de theorie van de internationale handel: een intensieve produktie van nieuwe technologieën levert comparatieve voordelen op, hetgeen de mogelijkheid tot een vergroting van de markt biedt, waardoor weer de investeringen in kennis meer rendabel worden. Een dergelijk verband tussen de omvang van de markt en de welvaart van een land is reeds door Adam Smith opgemerkt getuige het volgende citaat uit zijn 'Wealth of Nations':

'The extent of their market, therefore, must for a long time be in proportion to the riches and populousness of that country, and consequently their improvement must always be posterior to the improvement of that country.'

In de nieuwe groeitheoriën wordt de rol van de opbouw van menselijk kapitaal in het onderzoeksproces benadrukt (Romer, 1990). De opbouw van het menselijk kapitaal vindt plaats op twee manieren die elkaar deels aanvullen en ook elkaar deels uitsluiten. Ten eerste wordt menselijk kapitaal opgebouwd via onderwijs (zowel in de periode voorafgaande aan de intrede in het productieproces als tijdens het actieve arbeidsleven via 'on the job training'). In dat geval vindt dus een uitstel van de inzet van de produktiefactor arbeid in het productieproces plaats. Ten tweede wordt menselijk kapitaal opgebouwd via het reeds eerder genoemde 'learning by doing': juist door het verrichten van werkzaamheden en door het actief betrokken zijn in het productieproces wordt de werkervaring en daarmee het menselijk kapitaal van de werknemer vergroot. In samenwerkingsverbanden leert men hoe anderen bepaalde problemen oplossen en soms wordt zelf een nieuwe oplossing gevonden die weer aan de collega's wordt doorgegeven.

De karakterisering van kennis als produktiefactor en als eventueel verhandelbaar goed speelt hierbij een belangrijke rol. De leer van de openbare financiën onderscheidt twee fundamentele eigenschappen van een economisch goed: nl. de mate waarin het goed *meervoudig bruikbaar* (non-rival) is en de mate waarin het goed *exclusief bruikbaar* (excludable) is³. Een volledig meervoudig bruikbaar goed heeft de eigenschap dat het gebruik van dat goed door een bedrijf geen enkele beperking legt aan het gebruik ervan door een ander bedrijf. Wanneer daarentegen een bepaald bedrijf een volstrekt niet-meervoudig bruikbaar goed binnen het productieproces aanwendt, betekent het dat geen ander bedrijf hiervan verder gebruik kan maken.

De exclusiviteit van het gebruik van een goed hangt samen met de technologie maar ook met de wettelijke mogelijkheden. Een goed is exclusief bruikbaar indien de bezitter ervan derden kan verhinderen het te gebruiken. Een voorbeeld hiervan is een computerprogramma dat beschermd kan worden door middel van het wettelijke kopierecht en ook, voor niet al te slimme computerkrakers, door technische maatregelen. Gewone consumptiegoederen zijn niet meervoudig bruikbaar en exclusief. Een appel kan slechts één keer worden opgegeten en een fles wijn slechts één keer worden opgedronken waarbij de eigenaar beslist door wie. In een markteconomie worden dit soort goederen gewoonlijk door de private sector gefabriceerd en in concurrentie op vrij toegankelijke markten verhandeld. Echt publieke goederen zijn daarentegen per definitie zowel meervoudig bruikbaar als niet-exclusief.

³ Koopmans e.a. (1991, blz. 127 e.v.) spreken in dit verband van non-rivaliteit en non-exclusiviteit als specifieke eigenschappen van collectieve goederen. Schram e.a. (1991, blz. 95-97) vertalen deze begrippen met non-rivaliteit en met niet-uitsluitbaarheid.

De eigenschappen van meervoudige bruikbaarheid en exclusiviteit zijn nauw met elkaar verbonden omdat de meeste goederen die niet meervoudig bruikbaar zijn ook exclusief zijn. Maar er zijn ook moeilijke gevallen. Denk maar aan een parkeerplaats die door een parkeerbeugel afgeschermd kan worden en daarmee exclusief wordt. Meestal is het echter veel te kostbaar en soms ook in het geheel niet de bedoeling om goederen exclusief te maken, zoals bijvoorbeeld een parkeerplaats bij een winkelcentrum.

Vanuit de optiek van de groeitheorie zijn die goederen het meest interessant die meervoudig bruikbaar maar exclusief (te maken) zijn. Als voorbeeld beschouwen we het ontwerp voor een nieuw produktiemiddel. Het merendeel van dit soort ontwerpen ontstaat, aldus de neo-klassieke variant van de 'nieuwe' groeitheorie, als resultaat van de onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten van winstmaximerende bedrijven in de private sector. Toch is zo'n ontwerp meervoudig bruikbaar. Nadat de ontwerper zijn ontwerp heeft voltooid, kan het zo vaak als gewenst worden benut in allerlei productieprocessen.

In die zin heeft een ontwerp als onderdeel van de technische ontwikkeling een heel ander karakter dan een investering in menselijk kapitaal. Neem bijvoorbeeld iemand die leert optellen. De kunde van het optellen is immers gebonden aan een specifiek persoon, terwijl iedereen het ontwerp kan gebruiken. De kunde van het optellen is niet-meervoudig bruikbaar in de zin dat iemand zijn optelkwaliteiten niet op twee verschillende plaatsen tegelijkertijd kan benutten. Naast deze niet-meervoudige bruikbaarheid van het menselijk kapitaal is het menselijk kapitaal ook exclusief en kan dus in concurrentie op de vrij toegankelijke arbeidsmarkt worden aangeboden en verhandeld.

Natuurlijk is volledig-meervoudige bruikbaarheid een extreem randgeval. Maar een ontwerp voor een nieuw produkt kan meestal tegen slechts zeer geringe kosten worden gekopieerd of nagebootst, terwijl het leren optellen, afgezien van de ontwikkeling van de leermethode, aan iedere nieuwe leerling ongeveer evenveel tijd kost. Bovendien kan de hoeveelheid technologiekapitaal in de vorm van bruikbare ontwerpen in beginsel tot het oneindige oplopen, terwijl de menselijke leermogelijkheden begrensd zijn en bovendien het geleerde verdwijnt bij overlijden of zelfs veelal daarvoor. Dit onderscheidt tussen niet-meervoudig bruikbare en exclusieve goederen en hun rol in de technische ontwikkeling illustreert waarom de modellering ervan in de nieuwe groeitheorie op verschillende wijze geschiedt.

Deze karakterisering van technologie als produktiefactor tekent ook de marktvorm waarbinnen deze innoverende productie plaatsvindt. Het gaat daarbij om monopolistische concurrentie. Een bedrijf heeft immers te maken met vaste kosten voor onderzoek en ontwikkeling bij het ontwerp van een nieuw produkt. Deze vaste kosten worden terugverdiend door het produkt tegen een hogere prijs te verkopen dan de produktiekosten ervan. Daarentegen wordt er verondersteld dat er vrije toegang is tot de markt van nieuwe produkten, zodat uiteindelijk ten opzichte van concurrenten

geen overwinst wordt gemaakt. Wel levert, zoals gezegd, een vergroting van de markt bij vaste ontwerpkosten een voordeel op.

Het door Romer (1990) opgestelde endogene-groei-model bestaat uit drie sectoren. In de eerste plaats een onderzoekssector waarin het menselijk kapitaal en de bestaande kennis worden gebruikt voor de productie van nieuwe kennis in de vorm van *ontwerpen voor nieuwe produktiemiddelen*. De tweede sector maakt zogeheten intermediaire goederen. Dit zijn produktiemiddelen maar ook *ontwerpen voor nieuwe produkten*. De derde sector is de eigenlijke industriële sector en produceert de eindprodukten met als produktiefactoren arbeid, menselijk kapitaal en de beschikbare voorraad produktiemiddelen.

Een cruciale eigenschap van het model van Romer is dat kennis op twee verschillende manieren in het productieproces wordt aangewend. In de eerste plaats maakt een nieuw ontwerp de productie van een nieuw produktiemiddel mogelijk waarbij de eigenaar van het ontwerp beschikt over de eigendomsrechten van het gebruik van dat nieuwe produktiemiddel. In de tweede plaats vergroot een nieuw ontwerp de totale hoeveelheid kennis waardoor de produktiviteit van het menselijke kapitaal in de onderzoekssector weer toeneemt. Dit zijn de genoemde externe effecten bij de kennisproductie.

Vanuit de optiek van de algemene welvaart waarop het technologiebeleid zich richt, biedt het model van Romer een aantal interessante gezichtspunten. De (opportunity) kosten van de opbouw van menselijk kapitaal zijn volgens het model gelijk aan het gederfde looninkomen dat in de industriële sector zou zijn verdiend. De opbrengst van de investeringen in menselijk kapitaal bestaat uit de netto inkomenstroom die een ontwerp in de toekomst oplevert. Naarmate de rente hoger is zal de contante waarde van die toekomstige opbrengst van het ontwerp lager zijn. In dat geval wordt minder mankracht aan het onderzoek besteed en zal dus ook de economische groei lager uitkomen. Een belangrijke voorspelling van dit model is dus dat een lagere rentevoet tot een hogere groei leidt.

Romer toont aan dat uit het oogpunt van het welvaartsoptimum er twee redenen zijn waarom te weinig menselijk kapitaal wordt benut voor het doen van onderzoek. De eerste reden is dat het onderzoek de reeds genoemde positieve externe effecten kent. Een nieuw ontwerp doet de produktiviteit van alle toekomstige onderzoeken stijgen, maar omdat de baten hiervan niet exclusief zijn komt dit niet tot uitdrukking in de prijs van de ontwerp. De tweede reden is dat het onderzoekswerk produkten oplevert die verkocht worden door een sector met, zoals gezegd, een monopolistische prijsvorming. Daarbij betaalt deze intermediaire sector dus vanuit een welvaartsoptimum te weinig voor de produkten van de onderzoekssector. De beide genoemde effecten hebben tot gevolg dat de inzet van het menselijk kapitaal onderbetaald is. Bij een endogene opbouw van het menselijk kapitaal zal het aanbod dus te laag zijn. Hier is een duidelijke rol weggelegd voor een technologiebeleid. De overheid zou kunnen proberen om de allocatie van het menselijk kapitaal tussen de verschillende sectoren

te beïnvloeden, en indien dit onmogelijk is, zou men als 'second-best' beleid kunnen pogen de opbouw van menselijk kapitaal te subsidiëren. Het sociale welvaarts optimum kan worden bereikt door de accumulatie van die technologische component van de kennis te subsidiëren die meervoudig bruikbaar is.

Een opmerking terzijde bij dit model van Romer betreft de implicaties ervan voor de handel. Reeds is gemeld dat volgens de nieuwe groeitheorie technische ontwikkeling comperatieve voordelen oplevert. Romer benadrukt hierbij de rol van de opbouw van menselijk kapitaal. Wanneer bedrijfstakken of nationale economiën integreren zal het aandeel van het in de wereld aanwezige menselijk kapitaal dat aan onderzoek wordt besteed stijgen. Deze theorie duidt erop dat niet zozeer een integratie in een wereld met zoveel mogelijk mensen maar in een wereld met zoveel mogelijk menselijk kapitaal van belang voor de groei is. Anders gezegd: de (toename van de) bevolkingsomvang op zich is geen drijvende kracht voor de economische groei: in arme landen, met weliswaar een zeer grote bevolking, maar met zeer weinig menselijk kapitaal voorspelt deze theorie en zeer lage groei.

De hiervoor besproken modellen met endogene technische ontwikkeling vormen een onderdeel van de neo-klassieke theorie van de economische groei. Dit gedachtengoed wordt wel gekritiseerd omdat het te weinig aandacht zou geven aan de dynamische aspecten van technische vernieuwingen en omdat het de institutionele context waarin uitvindingen, innovaties en de verspreiding daarvan plaatsvinden, vrijwel volledig over het hoofd ziet. Voor een dergelijke rijkere, doch minder formele beschrijving van de wijze waarop technologische vernieuwing tot stand komt, wordt teruggevallen op het werk van Schumpeter.

Schumpeter benadrukt dat het juist de ondernemerswinsten zijn die de drijfveer vormen voor de technologische vernieuwing. Zonder deze prikkel tot creativiteit zou de economie uiteindelijk vervallen tot een stationaire toestand zonder onzekerheid over de toekomst. Juist de innovaties doorbreken deze situatie en bieden een onverwacht uitzicht op winst. Aldus is ook volgens Schumpeter een monopolistische marktform een essentiële voorwaarde voor technologische vernieuwing. Bovendien legt Schumpeter een verband tussen de technologische vernieuwing en de economische bewegingsleer: technologische vernieuwingen komen in golven. Wanneer een ondernemer innoveert zullen er anderen volgen omdat het gemakkelijker is in de stroom van technische vernieuwing meegesleurd te worden dan zelf de eerste ontdekking te doen.

Naast de *neo-klassiek* geïnspireerde *endogene groeitheorie* die overigens ook op het werk van Schumpeter voortbouwt, valt er dus een tweede stroming in het huidige denken over de rol van de technologische vooruitgang in de economische groei te onderkennen. Deze wordt als *institutionalistisch* of *neo-Schumpeteriaans* aangeduid. Deze denkrichting benadrukt het belang van de specifieke omgevingsfactoren waarbinnen het proces van technische vernieuwing tot rijping komt en beschrijft dit

als een evolutionair proces waarbij soms verwezen wordt naar de analogie met de biologische evolutietheorie.⁴

Freeman (1988) vat de hoofdlijnen van de neo-Schumpeteriaanse benadering van de technologische vernieuwing als volgt samen:

- nieuwe technologieën zijn de fundamentele krachten achter de geleidelijke vormverandering van de economie;
- het bestaan wordt onderkend van dynamische aanpassingsmechanismen waarvan de aard volledig verschilt van de statische mechanismen die de traditionele theorie beschrijft;
- deze mechanismen betreffen de technische of institutionele veranderingen, of het ontbreken daarvan; deze mechanismen brengen de economie uit het evenwicht en zijn richtinggevend voor het veranderingsproces en het dynamische aanpassingsproces tijdens welke de nieuwe technologieën zich verspreiden over de nationale en internationale economiën;
- het sociaal-institutionele kader is altijd van belang voor de technologische vernieuwingen en de structurele aanpassingsprocessen, en kan deze processen soms vergemakkelijken maar soms ook vertragen; deze begunstigende of vertragende uitwerking van de omgevingsfactoren mogen niet eenvoudigweg als marktonvolkomenheden worden opgevat, maar raken de aard van de markten zelf en het gedrag van de economische agenten daarop; met andere woorden: de instituties zijn onlosmakelijk verbonden met de werking van markten.

De neo-Schumpeterianen relativeren de nadruk die de neo-klassieke theorie legt bij het sociale welvaartsoptimum als handvat voor het technologiebeleid. De beleidsaanbevelingen van de neo-Schumpeterianen beperken zich niet tot het bevorderen van de in de private sector sub-optimaal gealloceerde onderzoeksinspanningen. Het technologiebeleid dient zich daarentegen te bemoeien met het hele spectrum van wetenschappelijke en technologische activiteiten en dient goede institutionele voorwaarden te bevorderen waarbinnen deze activiteiten kunnen gedijen. Het gaat daarbij ook om het bevorderen van de maatschappelijke en economische integratie van het technologisch vernieuwingsproces.

In hoeverre wijken nu de neo-Schumpeteriaanse aanbevelingen voor het technologiebeleid af van de beleidsaanbevelingen volgens de neo-klassieke modellen met een endogene technische ontwikkeling? Een belangrijk verschil is de mate van algemene geldigheid van de beleidsaanbevelingen. Het neo-klassieke model is qua specificatie in beginsel voor ieder land gelijk. Dit geldt ook voor de beleidsaanbevelingen, die aan deze theorie worden ontleend. Anderzijds hebben de neo-Schumpeteriaanse en

⁴ Voor zover mutaties in de biologie op toevalligheden berusten is er hier natuurlijk sprake van een groot verschil met de neo-klassieke theorie van de endogene groei. Volgens deze laatste gedachtengang is de technologische vernieuwing juist het doelbewuste gevolg van investeringen in onderzoek en ontwikkeling.

institutionalistische aanbevelingen een meer specifiek karakter omdat er nu eenmaal tussen landen aanmerkelijke verschillen in sociaal-economisch kader bestaan. Volgens de neo-Schumpeteriaanse leer wordt bijvoorbeeld een onderscheid gemaakt tussen de instituties die nodig zijn in een land dat een technologische achterstand aan het inhalen is, en de instituties in een land dat op technologisch gebied de leidende rol vervult.

Zowel de neo-Schumpeteriaanse als de traditionele en moderne neo-klassieke groeitheorie benadrukken het belang van externe effecten bij de produktie van technologische vernieuwing. Er bestaat overeenstemming over het feit dat het technologiebeleid zich dient te richten op het uitbaten van deze externe effecten. Zoals gezegd, richten zowel de traditionele neo-klassieke groeitheorie als de moderne variant met een endogene technische ontwikkeling zich daarbij op een groeipad dat uit het oogpunt van sociaal-economische welvaart optimaal is en waar het beleid de economie naar toe dient te sturen. Maar de traditionele neo-klassieke groeitheorie en de moderne variant daarop verschillen van mening over de oorzaken en de localisering van de externe effecten waarmee de produktie van nieuwe technologieën gepaard gaat. Aldus laten zich uit de desbetreffende literatuur geen eenduidige aanbevelingen afleiden voor het technologiebeleid. De traditionele neo-klassieke theorie voorspelt dat bedrijven minder geld in onderzoek en ontwikkeling steken dan uit een sociaal-maatschappelijk oogpunt optimaal is omdat de bedrijven die de technische ontwikkeling financieren zich niet de volledige revenuen daarvan kunnen toeëigenen. De beleidsaanbeveling is dan de O&O-uitgaven te subsidiëren en het eigendomsrecht van de technologische produktie bijvoorbeeld door patenten te beschermen. De moderne variant van de neo-klassieke groeitheorie legt daarentegen voor het technologiebeleid de nadruk bij het aanbod van menselijk kapitaal. Deze theorie suggereert dat het technologiebeleid zich dient te richten op het bevorderen van de produktie van menselijk kapitaal, en wel in het bijzonder het meervoudig bruikbare deel van de menselijke kennis.

Het voorgaande betreft de beleidsaanbevelingen op basis van theoretische concepten die al dan niet in modelmatige vorm zijn gegoten. Een voornaam oogmerk van ons onderzoek is juist om aan te geven hoe de analyse ten behoeve van het technologiebeleid een plaats kan krijgen binnen de traditionele modelmatige beleidsanalyse in Nederland. Daarbij gaat het niet om theoretische modellen maar om empirische modellen die een sterke band met de economische werkelijkheid hebben. Het is daarbij de vraag welke richting aan dit empirisch onderzoek gegeven dient te worden. Nu is het ongetwijfeld zo dat de evolutionaire benadering van de neo-Schumpeteriaanse en institutionalistische economen het rijkste pallet van onderzoeksmogelijkheden aandraagt. Dit onderzoek levert vast een bonte verzameling beleidsaanbevelingen op die specifiek op Nederland gericht zijn waarbij rekening kan worden gehouden met het feit dat ons land zich in de inhaalfase van de technologische grens bevindt. Deze theorie laat zich echter niet in een alomvattend model gieten, en het begeleidend empirisch onderzoek dat verricht is, draagt veelal een partieel en illustratief karakter.

Ofschoon zonder de Schumpeteriaanse inhoudelijke rijkdom, beschrijft de moderne variant van de neo-klassieke groeitheorie met endogene technische ontwikkeling de economie wel in een alomvattend model. Dit type modellen kent echter nog geen empirische uitwerking. Vandaar dat we als onderzoekstrategie hebben gekozen om vanuit de bestaande empirische literatuur over de traditionele neo-klassieke groeitheorie te komen tot een modellering van de produktiestructuur in Nederland op macro-niveau waarbinnen zich elementen van de moderne groeitheorie met endogene technische ontwikkeling laten illustreren. Hierover gaat de volgende paragraaf.

4. De empirie van de endogene technische ontwikkeling.

De empirische pendant van de groeitheoriën uit de jaren vijftig en zestig wordt gevormd door de zogeheten techniek van de *groei-toerekening* ('growth accounting'). Deze techniek is geïntroduceerd door Abramovitz (1956) and Solow (1957) die tot de conclusie kwamen dat de groei van de produktiviteit voor een zeer belangrijk deel met technologische vernieuwing kan worden geassocieerd. Hiertoe werd gebruik gemaakt van de berekening van de zogenoemde *totale factorproduktiviteit* (TFP). Totale factorproduktiviteit is dat deel van de produktiviteitsgroei dat niet kan worden toegeschreven aan een toename van de produktiefactor arbeid of kapitaal. Solow, die bij de berekening van de totale factorproduktiviteit expliciet van de produktiefunctie gebruik maakte, kwam tot de conclusie dat maar liefst 87½% van de arbeidsproduktiviteitsgroei in de Verenigde Staten over de periode 1909-1949 aan deze residuele factor diende te worden toegeschreven. Hij associeerde deze met technische ontwikkeling. De beschouwingen in paragraaf 2 mogen overigens duidelijk maken dat de op deze manier berekende totale factorproduktiviteit veel meer omvat dan technische ontwikkeling in enge zin. Immers ook schaalvoordelen en de verschillende oorzaken waarom de produktiviteitsgroei van de technische ontwikkeling kan afwijken, worden volgens deze berekening bij de totale factorproduktiviteit ondergebracht. Abramowitz noemde dit grote residu gekscherend 'de maat van onze onwetendheid (over de achtergronden van de technische ontwikkeling)'.

De door Solow blootgelegde onwetendheid heeft een groot aantal empirische studies opgeroepen om deze onwetendheid te verkleinen. Zo volgde Dennison (1962, 1974) twee wegen om een deel van het residu te verklaren. In de eerste plaats corrigeerde hij de produktiefactor arbeid voor het toegenomen ontwikkelingsniveau, de verkorting van de werkweek, de veranderingen in de samenstelling van het arbeidsbestand (leeftijd en geslacht), en andere factoren, die in de loop van de tijd de kwaliteit van de arbeid hebben doen veranderen. In de tweede plaats probeerde Dennison de bijdrage aan de groei van alle andere factoren behalve kennis te meten, zodat het residu inderdaad beter in overeenstemming werd gebracht met het eigenlijke begrip technische ontwikkeling. In een overzichtsartikel heeft Maddison (1987) voor een zestal industrielanden de bijdrage van een veertiental verschillende factoren aan de groei van het nationale inkomen berekend. De door hem gevonden verklaringspercentages liggen tussen de 55 en de 100%.

Deze wijze van groeitoerekening via de totale factorproductiviteit kent twee bezwaren c.q. beperkingen. In de eerste plaats gaat het hier, in de terminologie van de modelmatige beleidsanalyse, om een *herleide-vormbenadering*. De berekeningen blijven beperkt tot de produktiefunctie als beschrijving van de economische structuur. Als alternatief hiervoor heeft Den Butter (1991a) een *structuurbenadering* van de groeitoerekening toegepast. In deze benadering wordt een klein groeimodel dat een evenwichtig groeipad beschrijft, achtereenvolgens uitgebreid met verschillende onderdelen van een macro-economisch model, die de afwijkingen ten opzichte van het evenwichtige groeipad weergeven. Via deze successievelijke modeltoevoegingen wordt de bijdrage aan de produktiviteitsgroei van de in deze modeltoevoegingen beschreven groeideterminanten berekend. Deze structuurbenadering van de groeitoerekening heeft een drietal voordelen boven de gebruikelijke herleide-vormbenadering:

1. het onderscheid tussen technische ontwikkeling en arbeidsproductiviteitsgroei treedt duidelijk voor het voetlicht;
2. de structurele gevolgen van een schoksgewijze technologische vernieuwing worden ermee geïllustreerd;
3. de invloed van de in de inleiding genoemde terugkoppelingsmechanismen via de rest van het model in geval van een endogene technische ontwikkeling wordt ermee blootgelegd.

Daarentegen kent de structuurbenadering ook nadelen:

1. deze hangt in sterke mate af van de modelstructuur en eveneens van de volgorde waarin de verschillende onderdelen van het model worden toegevoegd;
2. in zo'n structuurmodel van de technische ontwikkeling zijn de parameterwaarden moeilijk te schatten, omdat de technische ontwikkeling een niet-waarneembare grootte is; dit aspect komt in het navolgende nog verder aan de orde.

Naast het bezwaar van de herleide-vormbenadering is het tweede bezwaar tegen de traditionele berekening van de totale factorproductiviteit dat deze geen inzicht verschaft in de determinanten van de technische ontwikkeling. De technische ontwikkeling wordt er immers niet endogeen door gemaakt.

In aansluiting op de empirische studies met de groeitoerekening zijn een groot aantal studies verricht naar de determinanten van de technische ontwikkeling. Hierbij gaat verreweg de meeste aandacht uit naar de O&O-uitgaven als bepalende factor voor de technische ontwikkeling. Het voornaamste oogmerk van de meeste van deze studies is trouwens om een verklaring te geven van de daling van de produktiviteitsgroei in de meeste industriële landen in de afgelopen decennia.

In hun samenvatting van de literatuur noemen Driehuis en Van den Noord (1982) als mogelijke oorzaken van een vertraging in het tempo van de technische ontwikkeling:

1. Een verlenging van de tijdspanne tussen uitvinding en toepassing van nieuwe technieken onder invloed de toegenomen onzekerheid.
2. Een vermindering in de O&O-uitgaven.

3. Het wegebben van de innovatiestroom.

Ook een aantal van de verklaringsgronden die Fase (1982) opsomt voor de teruggelopen groei van de arbeidsproductiviteit zijn gerelateerd aan de technische vooruitgang. Behalve de teruggang in de O&O-uitgaven, wordt tevens een teruggang in de octrooi-aanvragen geconstateerd. Bovendien is, aldus Fase, in de VS vastgesteld dat toepassing van nieuwe kennis vertraging ondervindt mede vanwege de toegenomen financiële risico's waarmee dit gepaard gaat. Ook wordt de toenemende overheidsbemoeienis weleens als een remmende factor voor de technische vooruitgang gezien. Daarnaast noemt Fase de afnemende mededinging en de teruglopende kwaliteit van het top-management. Zelfs wordt door Bishop (1989) een via intelligentietests gemeten daling van het intelligentieniveau verantwoordelijk geacht voor de vermeende teruggang van de technische vooruitgang.

Wanneer de O&O-uitgaven als determinant voor de technische ontwikkeling worden aangemerkt, is het vervolgens van belang na te gaan wat de bepalende factoren voor de O&O-uitgaven zijn. Het onderzoek hierover stelt zich de volgende vragen: wat is het verband tussen de uitgaven voor O&O en de desbetreffende rendementsindicatoren zoals het aantal patenten of de produktiviteit? Is het aantal patenten wel een goede indicator voor het rendement van de investeringen in onderzoek en ontwikkeling? Wat bepaalt hoeveel O&O-uitgaven er gedaan worden en hoeveel patenten hiervoor worden ontvangen? Kortom, dit onderzoek poogt aan te geven wat bedrijven ertoe brengt om een deel van hun schaarse middelen aan O&O te besteden. Daarnaast houdt de empirische literatuur over O&O-uitgaven zich bezig met de invloed van verschillende typen O&O-uitgaven op de produktiviteitsgroei: hoe weegt, bijvoorbeeld, de produktiviteit van fundamenteel onderzoek op tegen die van toegepast onderzoek, en hoe ligt de verhouding tussen het door het bedrijfsleven gefinancierde onderzoek en het door de overheid gefinancierde onderzoek. Al deze studies bewegen zich echter op een breed terrein zonder een duidelijke uniforme theoretische achtergrond. Dit maakt het moeilijk er algemeen geldende en voor de inbouw in een macro-economisch model bruikbare conclusies uit te distilleren.

Bij wijze van voorbeeld worden hier een aantal conclusies uit een empirisch onderzoek van Griliches (1986) genoemd. Uit zijn onderzoek naar de relatieve produktiviteit van de verschillende vormen van O&O-uitgaven door industriële bedrijven in de Verenigde Staten komen drie belangrijke resultaten naar voren:

- O&O-uitgaven blijken een positieve bijdrage te leveren aan de produktiviteitsgroei en blijken bovendien een relatief hoog rendement op te leveren; daarbij laat het zich aanzien dat deze effecten de afgelopen jaren niet kleiner zijn geworden; dit ondanks de wereldwijde daling van de produktiviteitsgroei en de algemene bezorgdheid over het opdrogen van de technologische mogelijkheden;
- fundamenteel onderzoek lijkt van groter belang als determinant van de produktiviteitsgroei dan de andere typen van O&O-uitgaven.

- bovendien duiden de uitkomsten erop dat de effectiviteit van de door de private sector gefinancierde O&O-uitgaven hoger is dan die van de door de overheid gefinancierde uitgaven.

Uit deze uitkomsten trekt Griliches de conclusie dat door de opgetreden daling in de O&O-uitgaven in de Verenigde Staten in de jaren zeventig belangrijke groeimogelijkheden verloren zijn gegaan. Een overeenkomstige conclusie, namelijk dat de O&O-uitgaven vanuit maatschappelijk oogpunt in de afgelopen decennia te laag zijn geweest, komt uit vele studies naar de determinanten van de technische ontwikkeling naar voren.

Onze taak is nu, met deze diversiteit van empirische uitkomsten in het achterhoofd, om zodanige informatie over de produktiestructuur in Nederland en de rol en determinanten van de technische ontwikkeling daarin, te verzamelen dat deze bruikbaar is voor de bouw van een simulatiemodel waarmee de essentiële aspecten van de nieuwe groeitheorie geïllustreerd kunnen worden, en waarmee we een geschikt instrument in handen krijgen voor de analyse van verschillende vormen van technologiebeleid. Omdat de door de Schumpeterianen beschreven evolutionaire dynamische processen zich moeilijk in een formele modelstructuur laten onderbrengen, hebben we gekozen voor een neo-klassieke benadering van de moderne groeitheorie. Het uitgangspunt daarbij is een produktiefunctie waarin behalve de gebruikelijke produktiefactoren kapitaal en arbeid ook expliciet het technologiekapitaal als additionele produktiefactor is opgenomen. Bovendien wordt, vanwege de praktische betekenis in de afgelopen decennia, energie als vierde produktiefactor onderscheiden. In algemene vorm gaat het dus om de volgende produktiefunctie

$$y = f(K, L, E, T)$$

waarbij:

Y:	produktiecapaciteit
K:	kapitaalgoederenvoorraad
L:	inzet van de produktiefactor arbeid inclusief menselijk kapitaal
E:	inzet van energie
T:	voorraad technologiekapitaal

Het doel is nu empirische kennis over de specificatie van deze produktiefunctie en daarmee over de produktiestructuur te verkrijgen. Maar dat is niet alles. Ook moet namelijk worden vastgesteld hoe de omvang van de ingezette hoeveelheden produktiefactoren wordt bepaald. Het gaat daarbij dus om de (afgeleide) vraagvergelijkingen naar de produktiefactoren arbeid, kapitaal, energie en technologiekapitaal. Door zo'n vraagvergelijking naar technologiekapitaal in het produktieblok op te nemen wordt de technische ontwikkeling daadwerkelijk geëndogeniseerd.

De neo-klassieke leer van het producentengedrag biedt een geschikte theoretische onderbouwing voor een samenhangend stelsel van produktiefunctie en afgeleide vraagvergelijkingen. Deze leer gaat ervan uit dat de ondernemers het produktieproces

zodanig inrichten dat zij een maximale winst behalen. De karakteristieken van het productieproces en van de afzetmarkt van het produkt zijn dan bepalend voor de vraag naar produktiefactoren. In dit opzicht bestaat een belangrijk verschil met de manier waarop het produktieblok in de Nederlandse beleidsmodellen via de jaargangenbenadering is ingebouwd. In deze modellen wordt de vraag naar de produktiefactoren ofwel direct ontleend aan de in de jaargangenmodellen vastgelegde produktiestructuur (arbeidsvraag), ofwel op *ad hoc* basis verklaard (kapitaalgoederenvoorraad: investeringsvergelijking). Optimerend ondernemersgedrag komt dan uitsluitend via het afstootcriterium in het jaargangenmodel in beeld.

Een groot voordeel van de toepassing van de leer van het producentengedrag is dat deze een handige technische optie kent voor de empirische bepaling van de structuur en de coëfficiëntwaarden van het stelsel van produktiefunctie en afgeleide vraagvergelijkingen. Dit is het zogeheten *dualiteitsbeginsel*. Volgens dit beginsel bestaat er een eenduidige relatie tussen de veronderstellingen van winstmaximering en kostenminimering door de ondernemer.

Het dualiteitsbeginsel is nuttig omdat de empirische bepaling van de kostenfunctie en de daaruit afgeleide vraagvergelijkingen veelal gemakkelijker is en een meer directe band met de gegevens biedt dan wanneer een winstfunctie gespecificeerd moet worden. Daarbij komt dat de kostenminimering conditioneel op het produktievolume geschiedt. Aldus wordt de beslissing van de ondernemer in twee stappen gesplitst: eerst bepaalt hij, gegeven de situatie op de afzetmarkt, het produktievolume en vervolgens minimeert hij de kosten om dat produktievolume te produceren, waaruit de vraag naar produktiefactoren volgt. Bij de empirische bepaling van de kostenfunctie en de daaruit afgeleide vraagvergelijking is dan de situatie op de afzetmarkt van het produkt niet verder van belang. In het kader van de moderne groeitheorie is dit relevant omdat, zoals in de vorige paragraaf is beschreven, de afzetmarkten van de produkten in deze modellen een monopolistisch karakter dragen. Bij toepassing van het dualiteitsbeginsel heeft dit dus geen verdere invloed op de modelspecificatie.

De keuze van de functionele vorm van de kostenfunctie hangt samen met het oogmerk van de empirische analyse. Aangezien ons oogmerk is om zoveel mogelijk verschillende aspecten van de produktiestructuur bloot te leggen, is het gewenst een zeer flexibele functionele vorm als uitgangspunt te kiezen. De door de ondernemer gemaakte keuze tussen de inzet van de verschillende produktiefactoren in het productieproces hangt niet alleen af van de relatieve prijzen van de produktiefactoren maar ook van de mate waarin ze substitueerbaar zijn. Naast de prijselasticiteiten in de afgeleide vraagvergelijkingen zijn derhalve de substitutie-elasticiteiten tussen de verschillende produktiefactoren belangrijke grootheden waarover we empirische kennis willen verkrijgen. De gebruikelijke produktiefuncties zoals de Cobb-Douglas produktiefunctie of de CES-produktiefunctie leggen nogal stringente eisen aan deze substitutie-elasticiteiten op.

Een veel meer flexibele functionele vorm biedt de door Christensen, Jorgensen en Lau (1971, 1973) voorgestelde *transcendente logaritmische (translog-) vorm* van de produktiefunctie. De schatting van het stelsel met een translog-kostenfunctie en de daarbij behorende afgeleide vraagvergelijkingen levert een stelsel parameterwaarden op die rijkelijk inzicht verschaffen in de produktiestructuur en daarmee tot een oordeelsvorming kunnen bijdragen over de effectiviteit van verschillende vormen van technologiebeleid. Zo vallen uit de schattingsuitkomsten alle relevante substitutie-elasticiteiten af te leiden, niet alleen tussen de traditionele produktiefactoren arbeid, kapitaal en energie, maar ook tussen technologiekapitaal en de andere produktiefactoren. Daarnaast kan aan de hand van de schattingsuitkomsten worden nagegaan of er sprake is van constante, dan wel van toenemende of afnemende schaalopbrengsten in de produktiefunctie. Dit is een belangrijk aspect in de theoretische modellen met endogene technische ontwikkeling. Voorts kan worden nagegaan in hoeverre de technische ontwikkeling samenhangt met de omzet van het produktievolumen ('learning by doing') en in hoeverre de prijzen van de produktiefactoren de keuze van de produktiemethode beïnvloeden. Aldus kan een direct verband worden gelegd tussen de technische ontwikkeling en een loonmatiging. Ook kan idealiter uit de schattingsresultaten van de translog-kostenfunctie worden afgelezen welk verband er tussen de technische ontwikkeling en de produktiefactoren bestaat: is bijvoorbeeld de technische ontwikkeling kapitaalbesparend, neutraal ten opzichte van het kapitaal-goederenvoorraad of juist kapitaalgebruikend? Tot slot zij vermeld dat ook de totale factorproduktiviteit kan worden beschreven in termen van de parameterwaarden van de translog-kostenfunctie, het produktievolumen, de mate waarin schaalvoordelen optreden en de relatieve prijzen van de produktiefactoren⁵.

Wij hebben gepoogd deze translog-kostenfunctie te zamen met de afgeleide vraagvergelijkingen op basis van jaargegevens voor de Nederlandse industriële sector over de periode 1969 - 1987 te schatten. Helaas is de informatie-inhoud van deze gegevens gering zodat we grotendeels op empirisch onderzoek van anderen moeten steunen om een kwantitatief beeld te krijgen van de karakteristieken van de Nederlandse produktiestructuur, die relevant zijn voor de relatie tussen de technologische en de economische ontwikkeling. Nochtans is ook het beeld dat uit de andere empirische studies naar voren komt zeer onscherp en vertoont grote leemtes. De in tabellen 1 en 2 getoonde getalswaarden hebben derhalve uitsluitend een indicatief karakter en zijn met grote onzekerheidsmarges behept. Tabel 1 geeft een aantal elasticiteitswaarden met betrekking tot de produktiefactoren kapitaal, arbeid en energie. De tabel toont dat in Nederland over het algemeen een vrij lage substitutie-elasticiteit tussen arbeid en kapitaal wordt gevonden; meestal is dit een elasticiteitswaarde die lager is dan de in de Cobb-Douglas produktiefunctie veronderstelde elasticiteit van 1. Kapitaal en energie zijn over het algemeen sterk complementair hetgeen in de tabel is aangegeven door een elasticiteitswaarde van -2. Arbeid en energie zijn evenals arbeid en kapitaal

⁵ Voor een meer formele weergave van deze verbanden zij verwezen naar Den Butter en Wollmer (1991).

substitueerbaar. In de tabel is voor beide combinaties van produktiefactoren hetzelfde waarde-interval van de substitutie-elasticiteit vermeld, aangezien in empirische modellen veelal splitsbaarheid van arbeid en energie wordt verondersteld. Toch bestaat de indruk dat de substitutie-elasticiteit tussen arbeid en energie wel eens iets groter kan zijn dan die tussen arbeid en kapitaal.

Tabel 1 Karakterisering van de produktiestructuur in Nederland door elasticiteitswaarden

Substitutie-elasticiteit tussen	waarde
kapitaal en arbeid	0,5 tot 1
kapitaal en energie	-2
arbeid en energie	0,5 tot 1
Eigen prijselasticiteit van	
arbeid	-0,5
kapitaal	-0,5
energie	-0,1
Kruiselingse prijselasticiteit tussen	
kapitaal en arbeid	0,325 tot 0,65
arbeid en kapitaal	0,15 tot 0,3
kapitaal en energie	-0,1
energie en kapitaal	-0,6
arbeid en energie	0,025 tot -0,05
energie en arbeid	0,325 tot 0,65

Over de prijselasticiteit van de vraag naar arbeid is uit hoofde van de arbeidsvraagstudies in dit land vrij veel bekend (zie Den Butter, 1991b). Ofschoon ook hier de onzekerheidsmarges groot zijn, laat het zich aanzien dat deze elasticiteit in ons land rond de -0,5 ligt. Over de prijselasticiteit van kapitaal is veel minder bekend. Ook hier is in de tabel een elasticiteit van -0,5 verondersteld. De vraag naar energie blijkt volgens de empirische studies zeer inelastisch. Ter illustratie hiervan is aan deze elasticiteit in de tabel de waarde -0,1 gegeven.

Tenslotte de kruiselingse prijselasticiteit tussen de hier onderscheiden produktiefactoren. De omvang hiervan volgt uit de desbetreffende substitutie-elasticiteit en het aandeel van de tweede genoemde produktiefactor in de totale inzet van de produktiefactoren. In de tabel is gerekend met het feit dat het arbeidsaandeel 65% is, het kapitaalaandeel 30% en dus het energie-aandeel 5%.

Er is vanaf gezien om in tabel 1 via substitutie-elasticiteiten en prijselasticiteiten de relatie tussen de produktiefactor technologiekapitaal en de overige produktiefactoren te beschrijven. Hiertoe verschaffen de empirische studies op dit gebied veel te weinig houvast. Vandaar dat de kwantitatieve inkleuring van de technische ontwikkeling op meer eenvoudige wijze is aangegeven. Uit onze eigen empirische studie komt, zij het zeer vaag, naar voren dat de technische ontwikkeling in ons land vooral een arbeidsbesparend karakter heeft, dat deze enigermate kapitaalgebruikend is en energie-neutraal. De in tabel 2 getoonde gegevens zijn toegespitst op het al dan niet geïncorporeerde karakter van de technische vooruitgang. Empirische studies voor Nederland wekken vooral de suggestie dat de arbeidsbesparende technische ontwikkeling een geïncorporeerd karakter heeft en dus moet worden toegeschreven aan specifieke jaargangen kapitaalgoederen. Vermeld zij dat dit natuurlijk de wijze is waarop in de oorspronkelijke jaargangenmodellen de technische ontwikkeling bij wijze van hypothese is ingebouwd, en dat juist daarom deze vorm van technische ontwikkeling in de empirische studies een groot gewicht heeft gekregen.

Tabel 2 Typering en omvang van technische ontwikkeling in Nederland

Type	Omvang (% groei per jaar)
geïncorporeerd arbeidsbesparend	2 tot 5
niet-geïncorporeerd arbeidsbesparend	0,5 tot 2
geïncorporeerd kapitaalbesparend	gering
niet-geïncorporeerd kapitaalbesparend	-0,5 tot -1

In feite is het nauwelijks mogelijk om het in tabel 2 gemaakte onderscheid tussen de verschillende vormen van technische vooruitgang voor de volkshuishouding in zijn geheel vast te stellen en om de totale technische ontwikkeling in kwantitatieve zin over deze verschillende vormen te verdelen. Het lijkt dan ook weinig productief om voort te gaan met pogingen om de benodigde empirische inzichten over de produktiestructuur op basis van macro-gegevens te verwerven. Om op deze weg verder te komen is het nodig aanvullende empirische kennis op micro-niveau te verzamelen zodat een meer compleet beeld van de produktiestructuur in Nederland verkregen kan worden en zodat die aspecten die in het kader van de endogenisering van de technische ontwikkeling van belang zijn, goed gekwantificeerd kunnen worden. Voor zulk onderzoek op micro-niveau biedt het door ons gebezigde stelsel van translog-kostenfunctie en afgeleide vraagvergelijkingen een goede basis.

5. Conclusie

Ondanks de weinige nieuwe informatie die we uit onze eigen empirische studie hebben verkregen, heeft dit onderzoek ons wel degelijk een aantal goede lessen geleerd, lessen zowel voor de modellering van de produktiestructuur op macro-niveau

als voor het technologiebeleid. Eerst iets over de *theoretische* lessen van de (moderne) groeitheorie voor de *modellering van het produktieblok*. De meest voor de hand liggende manier om de technische ontwikkeling te endogeniseren en om derhalve de determinanten van de technische ontwikkeling vast te stellen is om het technologiekapitaal als een additionele produktiefactor in de modellering van de produktiestructuur te beschouwen. Bij toepassing van de neo-klassieke leer van het producentengedrag wordt dan de vraag naar investeringen in technologiekapitaal door deze produktiestructuur bepaald volgens een afgeleide vraagvergelijking, net zoals de vraag naar de overige produktiefactoren. De karakterisering van de kennis als produktiefactor, maar ook als eventueel verhandelbaar goed, speelt in deze modellering een belangrijke rol. Daarbij dient goed te worden onderscheiden tussen de opbouw van kennis in de vorm van ontwerpen en in de vorm van menselijk kapitaal. Vanzelfsprekend zijn deze beide verschijningsvormen van technologische kennis sterk met elkaar verbonden en in bepaalde gevallen zelfs volstrekt complementair. Een andere belangrijke karakteristiek van de moderne groeimodellen is dat deze schaalvoordelen bij uitbreiding van de produktie toestaan. Dit geldt op micro-niveau maar de vraag is in hoeverre dit van toepassing is op de volkshuishouding in zijn geheel. Schaalvoordelen ontstaan volgens deze theorie immers bij de uitbreiding van de omvang van bedrijven, doch dit hoeft niet parallel te lopen met de uitbreiding van de macro economische bedrijvigheid. Al met al toont de moderne groeitheorie welke kennis over de produktiestructuur van belang is voor een endogene modellering van de technische ontwikkeling. Het gaat daarbij om de substitutie-elasticiteiten tussen de verschillende produktiefactoren, de prijselasticiteiten van de vraag naar deze produktiefactoren (zowel de eigen- als de kruiselingse prijselasticiteiten), de verschijningsvorm van de technische ontwikkeling (al dan niet geïncorporeerd, arbeids- kapitaal-, en/of energie-besparend dan wel arbeids-, kapitaal- en/of energie-gebruikend), enz. enz..

We hebben ook een aantal *empirische* lessen geleerd voor het *produktieblok*. Deze zijn in de tabellen 1 en 2 samengevat. Helaas bleek het onmogelijk om aan de hand van door ons geconstrueerde macro-economische jaargegevens zelf alle gewenste karakteristieken van de produktiestructuur empirisch vast te stellen. De informatie-inhoud van deze gegevens is voor dat oogmerk veel te pover. Daarom zijn de in de tabellen weergegeven empirische inzichten voornamelijk gebaseerd op werk van anderen, waaronder empirische onderzoeksresultaten op het micro-niveau. Ook toonde onze rekenexercitie dat de gegevens over de O&O-uitgaven en over de kennisinvoer geen goede indicatie vormen voor de eigenlijke investeringen in technologiekapitaal in ons land. In technische termen gaat het hier in feite om een latente variabele. Daarom wordt geconcludeerd dat het formele neo-klassieke kader met een produktiefunctie en een op basis van kostenminimering daaruit afgeleid consistent stelsel vraagvergelijkingen weliswaar theoretisch elegant is en aldus een goed uitgangspunt biedt voor empirisch onderzoek naar de produktiestructuur aan de hand van gegevens op micro-niveau, maar dat voor de praktische beleidsanalyse een meer eclectische benadering de voorkeur verdient.

Wat zijn nu de lessen voor het *technologiebeleid*? De *theoretische* lessen zijn hiervoor al in hoofdlijnen aan het slot van paragraaf 3 aan de orde gekomen, maar ook het *empirische* deel van ons onderzoek bergt een aantal lessen voor het *technologiebeleid* in zich, zij het dat deze vooral een negatief karakter hebben. Zo blijkt de groeivoet van de technische ontwikkeling moeilijk empirisch vast te stellen. Daarbij mag deze groeivoet zeker niet worden gelijk gesteld aan de groei van de arbeidsproductiviteit. Daarnaast levert de traditionele (herleide-vorm) techniek van de groeitoerekening ('growth accounting') geen heldere richtlijnen voor het *technologiebeleid* op. Aangezien voorts in Nederland de O&O-uitgaven geen goede indicatie vormen voor de opbouw van het technologiekapitaal is het onjuist om de prestaties van het technologiebeleid af te willen lezen aan bijvoorbeeld het aandeel van de O&O-uitgaven in het nationale inkomen. Voor de statistieken blijft helaas de feitelijke opbouw van het technologiekapitaal grotendeels verborgen. Wel blijkt een sterke samenhang te bestaan tussen de opbouw van technologiekapitaal en de opbouw van menselijk kapitaal. Immers, bepaalde technische vernieuwingen zijn uitsluitend in het productieproces te implementeren indien op de juiste wijze opgeleide arbeidskrachten beschikbaar zijn. Het technologiebeleid dient derhalve veel aandacht te besteden aan deze afstemming van de opleidingen aan de technologische vernieuwingen.

Voorts suggereren zowel onze eigen empirische analyse als de empirische literatuur voor Nederland dat de technische ontwikkeling in ons land voornamelijk *geïncorporeerd, arbeidsbesparend, kapitaalgebruikend en energieneutraal* is. Indien de technische ontwikkeling een meer generiek karakter zou hebben (en dus meer niet-geïncorporeerd zou zijn) zou dit een grotere efficiëntie van het gebruik van de productiefactoren impliceren. Het technologiebeleid zou door het bevorderen van een goede organisatie van de productie een verschuiving van het karakter van de technische ontwikkeling in deze richting kunnen stimuleren. Ten slotte is het opvallend dat de grote onderzoeks-aandacht voor de energiebesparing zich in ons land niet vertaald heeft in een duidelijke energiebesparende technische ontwikkeling. Wellicht hangt dit samen met het feit dat, ondanks de oliecrissen, energie in relatie tot de andere productiefactoren niet duurder is geworden. Per slot van rekening vormen de relatieve factorprijzen, althans volgens het neo-klassieke denkkader, niet alleen een belangrijke determinant voor de mate waarin de productiefactoren in het productieproces worden ingezet, maar ook voor de richting waarin het technologiekapitaal wordt uitgebouwd.

Aldus laat onze studie zich in de volgende 5 stellingen samenvatten:

1. *Voor een technologiebeleid is een macro-economische zienswijze, waarbij dit beleid in relatie tot ander economisch beleid geplaatst wordt, onontbeerlijk. Zo dient afstemming plaats te vinden tussen technologiebeleid en bij voorbeeld het arbeidsmarktbeleid, het budgettair beleid en het milieubeleid. Ook is het gewenst het succes (of het falen) van het technologiebeleid zichtbaar te maken aan de hand van kwantitatieve indicatoren, waarbij rekening wordt gehouden met de doorwerking van de andere genoemde factoren van economisch beleid. Immers, een afremmende groei van de arbeidsproducti-*

viteit hoeft niet op het falen van het technologiebeleid te duiden maar kan ook het gevolg zijn van een succesvol loonmatigingsbeleid.

2. *De nieuwe groeitheorie geeft ons een veel rijker beeld van de wijze waarop het technologiebeleid de economische ontwikkeling kan beïnvloeden dan de oude groeitheorie volgens welke de technische ontwikkeling vooral een exogeen gegeven is. Om de door de nieuwe groeitheorie beschreven relaties in Nederland empirisch vorm te kunnen geven is het evenwel nodig een veel grotere kennis te verwerven over de produktiestructuur. Studies op macro-niveau zullen tot niet veel extra kennis op dit gebied kunnen bijdragen; daarom is micro-economisch onderzoek, het liefst op basis van panelgegevens, over de inrichting van de produktie van essentieel belang.*
3. Voor een goed zicht op de determinanten van de technische ontwikkeling is het nodig het *technologiekapitaal als extra produktiefactor* te modelleren. De relatieve factorprijzen spelen in zo'n analyse een voorname rol. Hiermee kan worden geïllustreerd in hoeverre het technologiebeleid de technische ontwikkeling via deze weg van de prijzen kan sturen. Bij deze modellering van de invloed van de technologie op de economische ontwikkeling is het voor een goed oordeel over de effectiviteit van het technologiebeleid niet voldoende om uitsluitend naar de bijdrage van de technische ontwikkeling aan de totale factorproductiviteit te kijken (herleide-vorm benadering), maar is het noodzakelijk om alle overige relaties in de economie bij de analyse te betrekken (structuurbenadering).
4. De nieuwe groeitheorie maakt een *belangrijk onderscheid tussen de opbouw en inzet van menselijke kennis (human capital) en technische kennis (ontwerpen, software, methoden en technieken)*. Daarbij mogen vanwege de sterke complementariteit de opbouw van menselijke kennis en van technische kennis niet los van elkaar gezien worden. Tevens benadrukt de moderne groeitheorie de mogelijke schaalvoordelen en externe effecten bij de inzet van deze beide vormen van kennis. Het rendement op investeringen in deze kennis wordt onderschat en ook bij een goede inschatting van het rendement vinden de investeringen in kennis vanwege het monopolistische karakter op een vanuit sociaal oogpunt te laag niveau plaats. Hier ligt een belangrijke rol voor het technologiebeleid waarbij de mogelijkheden tot schaalvoordelen benut dienen te worden.
5. Een globale tendens van de *Nederlandse technische ontwikkeling* is dat deze *arbeidsbesparend, energieneutraal en kapitaalgebruikend* is. Indien gewenst kan het technologiebeleid een dergelijke tendens ombuigen met behulp van een gericht prijsbeleid. Aldus vormen bij voorbeeld energieheffingen een goed middel om, naast een substitutie van energie door overige produktiefactoren, ook een trend in de richting van een meer energiebesparende technische ontwikkeling in gang te zetten.

Literatuur

Abramowitz, M, 1956, Resource and output trends in the United States since 1870, American Economic Review Papers and Proceedings, 46, blz. 5-23.

Bishop, J.H., 1989, Is the test score decline responsible for the productivity growth decline?, American Economic Review, 79, blz. 178-197.

Butter, F.A.G. den, 1991a, Labor productivity slowdown and technical progress in the Netherlands, Journal of Policy Modeling, 13, blz. 259-280.

Butter, F.A.G. den, 1991b, De werkgelegenheid in macromodellen: een overzicht, OSA-Werkdocument W 85 (SDU/DOP, Den Haag).

Butter, F.A.G. den, en F.J. Wollmer, 1991, Endogenous Technical Progress in the Netherlands, Deelstudie in het kader van de Beleidsstudies Technologie Economie, (Vrije Universiteit, Amsterdam).

Christensen, L.R., D.W. Jorgenson en L.J. Lau, 1971, Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function, Econometrica, 39, blz. 255-256.

Christensen, L.R., D.W. Jorgenson en L.J. Lau, 1973, Transcendental logarithmic production frontiers, Review of Economics and Statistics, 55, blz. 28-45.

Denison, E.F., 1962, Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before us, Supplementary Paper 13, Committee for Economic Development.

Denison, E.F., 1974, Accounting for United States Economic Growth (Brookings Institution, Washington).

Driehuis, W. en P.J. van den Noord, 1982, De ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit in Nederland, 1963-1980, Maandschrift Economie, 46, blz. 395-411.

Dijk, J.W.A van, en N. van Hulst, 1989, Grondslagen van het technologiebeleid, in W.C.L. Zegveld en J.W.A. van Dijk, Technologie en Economie: Licht op een Black Box ? (Van Gorkum, Assen), blz. 257-272.

Fase, M.M.G., 1982, Stagnerende groei: oorzaken en remedies, in Kiezen en Delen. Bedrijfskundige Opstellen over Desinvesteren, Herinvesteren en het Ombouwen van Organisaties (Kluwer, Deventer), blz. 9-20.

Freeman, C., 1988, Introduction, in G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg en L. Soete (red.), Technical Change and Economic Theory (Pinter Publishers, London), blz. 1-8.

Gelauff, G.M.M., A.R.M. Wennekers en A.H.M. de Jong, 1985, A putty-clay model with three factors of production and partly endogenous technical progress, De Economist, 133, blz. 327-351.

Griliches, Z., 1986, Productivity, R&D, and basic research at the firm level in the 1970's, American Economic Review, 76, blz. 141-154.

Hartog, H. den, 1984, Empirical vintage models for the Netherlands: a review in outline, De Economist, 132, blz. 326-349.

Hulst, N. van, 1991, Technologiebeleid economisch beschouwd, Economisch Bulletin, 22, nr.7, blz. 6-10.

Koopmans, L., A.H.E.M. Wellink, H.J. Woltjer en C.A. de Kam, 1991, Overheidsfinanciën (Stenfert Kroese, Leiden).

Lucas, R.E. Jr., 1988, On the mechanics of economic development, Journal of Monetary Economics, 22, blz. 3-42.

Maddison, A., 1987, Growth and slowdown in advanced capitalist economies: techniques of quantitative assessment, Journal of Economic Literature, 25, blz. 649-698.

Ministerie van Economische Zaken, 1990, Beleids overzicht Technologie 1990-1991, Vergaderstuk Tweede Kamer der Staten-Generaal, 21 804 (SDU uitgeverij, 's-Gravenhage).

Minne, B., 1990, Economies of scale within the EC (with an emphasis on the Netherlands), CPB Research Memorandum no. 67 (Central Planning Bureau, The Hague).

Rouwendaal, J. en P. Nijkamp, 1989, Endogenous production of R&D and stable economic development, De Economist, 137, blz. 202-216.

Romer, P.M., 1986, Increasing returns and long-run growth, Journal of Political Economy, 94, blz. 1002-1037.

Romer, P.M., 1990, Endogenous technological change, Journal of Political Economy, 98, blz. S71-S102.

Schram, A.H.J.C., H.A.A. Verbon en F.A.A.M. van Winden, 1991, Economie van de Overheid (Academic Service, Schoonhoven).

Solow, R.M., 1957, Technical change and the aggregate production function, Review of Economics and Statistics, 39, blz. 312-320.