

VU Research Portal

Endogene groei en technologie

den Butter, F.A.G.; Wollmer, F.J.

published in

Tijdschrift voor politieke economie
1993

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

den Butter, F. A. G., & Wollmer, F. J. (1993). Endogene groei en technologie. *Tijdschrift voor politieke economie*, 16(2), 56-71.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Endogene groei en technologie

*Frank den Butter en Frances Wollmer*¹

Technologie en het proces van kennisverwerving spelen een cruciale rol in de economische ontwikkeling. In de kwantitatieve beleidsanalyse is deze rol echter onderbelicht gebleven. Er bestaan geen spoorboekjes waaruit de gevolgen van technologische impulsen en onderwijsinvesteringen op de economische kernvariabelen zijn af te lezen. Dit komt omdat lange tijd de economische theorie geen aanknopingspunten bood voor een dergelijke kwantificering. Weliswaar levert de groeitheorie de theoretische inspiratie voor het in de macro-economische beleidsmodellen weergegeven verband tussen technische en economische ontwikkeling. Maar in de traditionele groeimodellen blijft de technische ontwikkeling zelf onverklaard en is derhalve exogeen. Beeldend wordt hier wel gesproken van 'manna from heaven' die over ons uitgestort word door 'God and the engineers'².

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. Investeringen in onderzoek en ontwikkeling (O&O) vormen volgens deze endogene groeitheorie een belangrijke determinant van de technische ontwikkeling. Daarbij richt de aandacht zich niet uitsluitend op de technische aspecten van O&O, zoals de productie van nieuwe ontwerpen, maar bovenal ook op de bijkomende investeringen in menselijk kapitaal

¹Respectievelijk Hoogleraar Algemene Economie, Vrije Universiteit, Amsterdam en onderzoeksmedewerkster Australian National University, Canberra. Dit artikel is gebaseerd op onderzoek verricht door het Applied Labour Economics Research Team (ALERT) in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. In uitgebreide vorm is hierover gerapporteerd in Den Butter en Wollmer (1992). Met dank aan de referent van dit tijdschrift voor een aantal nuttige opmerkingen.

²Deze laatste uitdrukking komt van Joan Robinson; zie ook Van Hulst (1992).

('learning by doing', 'learning by watching' en 'learning by designing'). Het spreekt vanzelf dat de technische en menselijke factor in de technische ontwikkeling niet los van elkaar gezien kunnen worden.

Vooralsnog hebben de endogene groei modellen echter een sterk theoretisch karakter. Dit artikel rapporteert daarentegen over een door ons ontwikkeld empirisch simulatiemodel waarin een aantal karaktertrekken van deze nieuwe groeitheorie zijn ingebouwd. Ons model slaat een brug tussen de formele theoretisch endogene groei modellen en de traditionele Nederlandse macro-economische beleidsmodellen. We beogen hiermee een empirische analyse van bepaalde aspecten van het wetenschapsbeleid en het technologiebeleid volgens de Nederlandse traditie mogelijk te maken. Na een kort overzicht van de relevante aspecten van de moderne endogene groeitheorie bespreken we de vormgeving en enkele uitkomsten van het model.

1. Technische ontwikkeling in de groeitheorie

De belangrijkste karakteristiek van de traditionele groeitheorie, zoals ontwikkeld in de jaren vijftig en zestig, is dat deze uitsluitend het verschil in het niveau van de economische groei tussen verschillende landen of tussen verschillende tijdvakken weet te verklaren. Volgens deze theorie is iedere versnelling van de economische groei slechts van tijdelijke aard. Zo'n versnelling kan zich alleen voordoen als de economie zich beweegt van een lager naar een hoger gelegen evenwichtig groeipad. Wanneer uiteindelijk het nieuwe groeipad bereikt is, keert het tempo van de economische groei terug naar dat van het oude groeipad. Dit komt omdat volgens de traditionele neoklassieke groeitheorie bij een evenwichtige groei de toeneming van het inkomen per hoofd van de bevolking altijd gelijk is aan de groeivoet van de technische ontwikkeling. En deze is, zoals gezegd, volgens de traditionele groeitheorie een exogeen gegeven. Niet omdat deze groeitheoretici de overtuiging zouden hebben dat het groeitempo van de technische vooruitgang onafhankelijk zou zijn van economische besluiten en gebeurtenissen³. Maar gewoonweg omdat binnen de traditionele theorie geen zinvolle verklaring voor dit fenomeen gegeven kon worden. De beschrijving van de economische groei ('structurele ontwikkeling') via de jaargangenbenadering in de Nederlandse macro-economische beleidsmodellen is in beginsel ontleend aan deze traditionele groeitheorie.

Daarentegen verklaart de moderne endogene groeitheorie, waaraan vooral de

³Aldus Solow (1992), de meest vooraanstaande contribuant tot de traditionele groeitheorie.

namen van Paul Romer en Robert Lucas verbonden zijn, niet alleen waarom een economie zich naar een hoger groeipad kan bewegen, maar ook waarom het *groeitempo* op het nieuwe groeipad permanent verschillen kan van het groeitempo op het oude groeipad. In deze moderne groeitheorie is daadwerkelijk sprake van een volledige endogenisering van de technische ontwikkeling. Zo is volgens deze theorie de bijdrage van de technische ontwikkeling aan de groei onder meer het resultaat van het besluit van 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 (of kostenminimering) 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 genoemde '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.

Terwijl de oude groeitheorie de tijdelijke versnelling van de groei beschrijft als een overgang van het ene evenwichtige groeipad naar het andere evenwichtige groeipad - op een hoger niveau maar met dezelfde groeisnelheid -, laat de moderne endogene groeitheorie dus een permanente verhoging van het groeitempo toe. Solow (1992) duidt deze beide groeiscenario's respectievelijk met begrippen '*lift*' en '*tilt*' aan. Volgens de traditionele groeitheorie leidt de verhoging van de besparingen en daarmee van het investeringsaandeel volgens Solow wel tot een '*lift*', dus tot een tijdelijke verhoging van het groeitempo, maar niet tot een '*tilt*'. Volgens de nieuwe groeitheorie is zo'n '*tilt*' via een gepaste investering in technologiekapitaal wel mogelijk. Dit tekent ook de mogelijkheden van het beleid om het groeitempo te beïnvloeden. Volgens de traditionele groeitheorie beschikt het beleid niet over de mogelijkheid om een permanente verhoging van het groeitempo van de economie tot stand te brengen. Volgens de moderne endogene groeitheorie is dit wel het geval. Deze grotere door de theorie toegekende kracht van het beleidsinstrumentarium impliceert ook dat hiervan met meer bedachtzaamheid gebruik gemaakt moet worden. Immers, een negatieve technologischok brengt volgens de traditionele theorie slechts tijdelijke vertraging van de groei teweeg, terwijl zo'n gebeurtenis volgens de moderne groeitheorie tot permanent uiteenlopende groeitempi en dus tot steeds verder van elkaar

verwijderende groeipaden kan leiden. Met andere woorden, indien door een ramp een deel van de kapitaalgoederenvoorraad of de kennisvoorraad vernietigd wordt, zou het land of het gebied dat deze ramp overkomt, zonder extra beleidsinspanningen niet meer het oude groeitempo kunnen behalen. Aldus is het technologiebeleid in de ogen van de nieuwe groeitheorie een machtig, maar volgens Solow ook een gevaarlijk instrument.

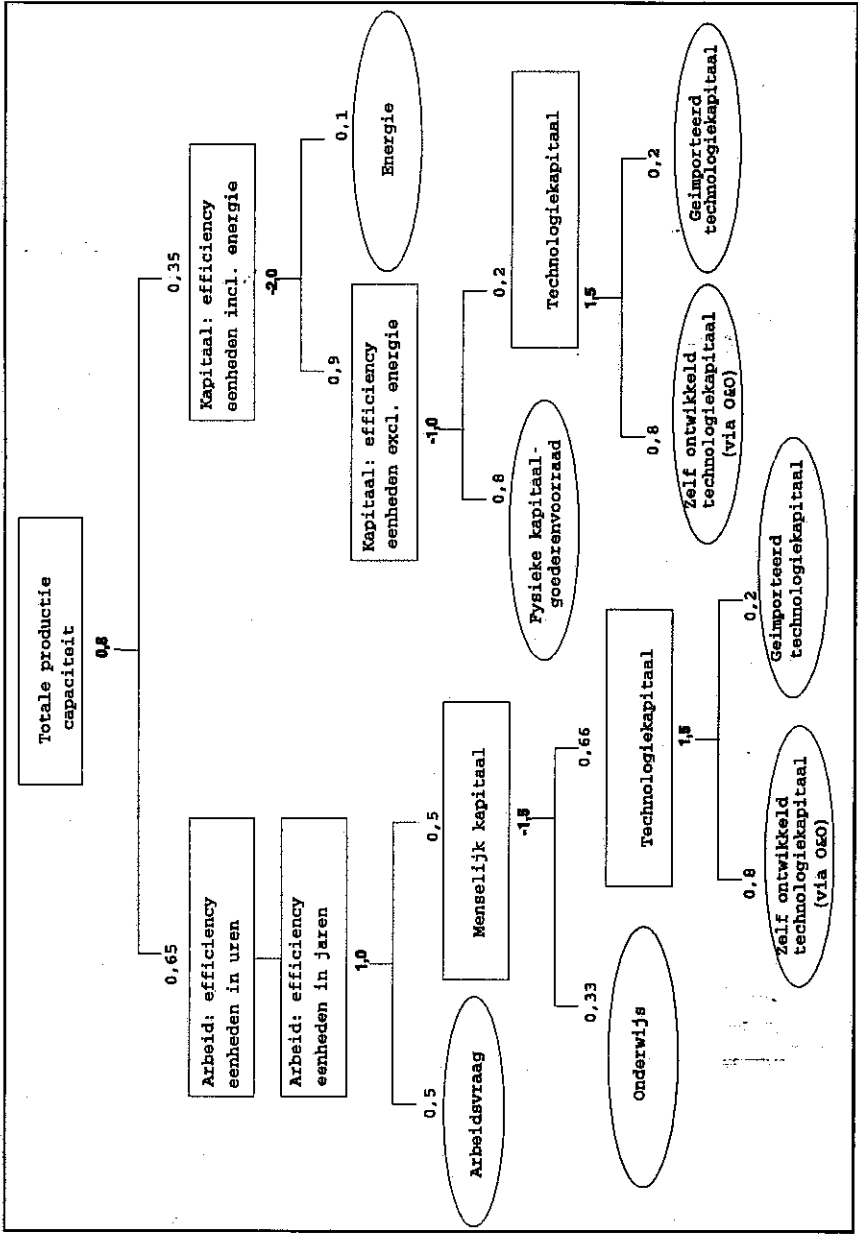
Dit neemt niet weg dat het voor een goede empirische analyse van het nut van O&O- en onderwijsinvesteringen van belang is om de lessen van de moderne groeitheorie voor de modelbouw te benutten. De meest voor de hand liggende manier om de technische ontwikkeling te endogeniseren en om derhalve de determinanten van de technische ontwikkeling vast te stellen is om kennis als additionele produktiefactor op te vatten. De karakterisering van de kennis als produktiefactor, maar ook als eventueel verhandelbaar goed, speelt in de moderne groeitheorie dan ook een belangrijke rol. Daarbij gaat het zowel om de opbouw van kennis in de vorm van ontwerpen als in de vorm van menselijk kapitaal. Deze beide verschijningsvormen van technologische kennis zijn sterk met elkaar verbonden en in bepaalde gevallen zelfs volstrekt complementair. Een andere belangrijke karakteristiek van de moderne groeitheorie is dat er schaalvoordelen aan het gebruik van kennis verbonden zijn en dat een kennisvoorsprong monopolistische concurrentie oproept.

2. Het simulatiemodel

Zoals gezegd hebben we gepoogd in een empirisch simulatiemodel een aantal van de hiervoor besproken aspecten voor Nederland in beeld te brengen. In dit artikel beperken wij ons tot een globale schets van de structuur van het model en de daarin werkzame mechanismen. Voor een formele beschrijving van het model zij verwezen naar Den Butter en Wollmer (1992, 1993). In het simulatiemodel is vanzelfsprekend de meeste aandacht besteed aan de modellering van de produktiestructuur. De kern van dit model voor het produktieblok bestaat uit een stelsel van geneste CES-produktiefuncties. Ofschoon deze specificatie per niveau van nesting een constante substitutie-elasticiteit tussen de desbetreffende produktiefactoren veronderstelt en er meer flexibele specificaties denkbaar zijn, biedt dit stelsel toch voldoende ruimte voor een goed gedifferentieerde modellering van de Nederlandse produktiestructuur. Tussen de verschillende niveaus van nesting kunnen de substitutie-elasticiteiten immers wel variëren.

De structuur van het produktieblok bespreken we aan de hand van figuur 1. De figuur toont de opbouw van de produktiestructuur in de vorm van een

Figuur 1: Modellering van de productiestructuur



boom. Aan het eind van de takken van deze boom staan de factoren die als input in het produktieproces dienst doen (in ellipsen). De rechthoeken in de figuur stellen de hieruit samengestelde factorcomponenten voor. Deze dragen een synthetisch karakter, waarvoor in beginsel geen feitelijk waarnemingen beschikbaar zijn.

De figuur laat zien dat op het hoogste niveau van nesting de totale produktiecapaciteit wordt beschreven als de resultante van de produktiefactoren arbeid en van kapitaal, in efficiency-eenheden uitgedrukt. De efficiency-eenheden kapitaal zijn daarbij op hun beurt opgebouwd uit energie en fysieke kapitaalgoederen met geïncorporeerde technologie. Deze laatste compositiete produktiefactor is het resultaat van de samenvoeging van fysieke kapitaalgoederen en technologiekapitaal. Op het laagste niveau van deze tak van de geneste produktiestructuur wordt het technologiekapitaal samengesteld uit binnenlands technologiekapitaal, dat berekend is als de cumulatie van de binnenlandse O&O-inspanningen, en het ingevoerde technologiekapitaal.

De linker tak in figuur 1 geeft de samenstelling van de efficiency-eenheden arbeid als produktiefactor weer. De opbouw van technologiekapitaal speelt ook hier een rol. Tezamen met de investeringen in menselijk kapitaal via het onderwijs is deze opbouw van technologiekapitaal bepalend voor de hoeveelheid menselijk kapitaal in ons land. Met deze dubbelrol van het technologiekapitaal in de produktiestructuur worden de uitstralingseffecten ('spill-overs') van de opbouw van technologiekapitaal weergegeven. In de moderne groeitheorie wordt het belang van deze uitstralingseffecten sterk benadrukt. Op de boven-beschreven wijze hebben we hieraan in ons simulatiemodel vormgegeven. Tezamen met het niet voor menselijk kapitaal gecorrigeerde arbeidsvolume leidt het opgebouwde menselijk kapitaal tot het aantal beschikbare efficiency-eenheden arbeid in arbeidsjaren. Via een correctie voor de contractuele arbeidstijd komen we in de figuur weer bij het hoogste niveau van nesting waarin de produktiecapaciteit wordt beschreven.

Om de door de geneste CES-functies beschreven produktiestructuur zo goed mogelijk op de Nederlandse werkelijkheid te laten aansluiten hebben we het model zodanig 'gecalibreerd' dat deze het tijdpad van een aantal cruciale model-endogenen, waarvoor waarnemingen beschikbaar zijn, in het verleden goed weergeeft. Deze calibratieprocedure van ons simulatiemodel bestaat in hoofdzaak uit het vinden van plausibele parameterwaarden voor de CES-functies in de geneste structuur van figuur 1. Het gaat daarbij om de respectievelijke substitutie-elasticiteiten en om de relatieve aandelen van de samenstellende produktiefactoren. Deze calibratie-procedure is als volgt uitgevoerd. Aan de hand van empirische uitkomsten uit de literatuur en soms ook op grond van eigen ramingen zijn waarden toegekend aan de substitutie-elasticiteiten en relatieve aandelen. Dan is met een dynamische simulatie

over de waarnemingsperiode (1972-1987: het is een jaarmodel) nagegaan in hoeverre het model met deze parameterwaarden de tijdpaden van de cruciale model-endogenen (bijvoorbeeld de arbeidsvraag en de groei van de arbeidsproductiviteit) weet te reproduceren. Deze calibratie is in een paar ronden via een aantal bijstellingen van de parameterwaarden verlopen, totdat een goed evenwicht tussen plausibiliteit van de parameterwaarden en kwaliteit van de aanpassing tot stand is gebracht. In die zin verschilt de procedure dus bijvoorbeeld sterk van de calibratie van een toegepast algemeen evenwichtsmodel, waar aanpassing aan de gegevens veelal één trefjaar betreft. Hoewel wij geen empirische schattingen van de parameterwaarden op basis van het gebruikte gegevensmateriaal gemaakt hebben omdat de informatie-inhoud van de gegevens daartoe veel te gering is, vertoont onze calibratie-procedure veeleer verwantschap met het via dynamische simulaties valideren van een econometrisch model.

Bovendien hebben we het model voor de produktiestructuur zodanig gespecificeerd dat de arbeidsvraag en derhalve ook de loonkosten-elasticiteit van de arbeidsvraag impliciet wordt beschreven (zie later). Aan deze loonkosten-elasticiteit hebben we de randvoorwaarde opgelegd dat deze op de lange termijn ongeveer gelijk aan $-0,5$ is, aangezien dit overeenkomt met wat in Nederland voor deze elasticiteitswaarde in de empirische arbeidsvraagvergelijkingen is gevonden (Den Butter, 1991b).

De verkozen waarden voor de substitutie-elasticiteiten en de relatieve aandelen zijn in figuur 1 aangegeven. Daarbij staat de desbetreffende substitutie-elasticiteit steeds onder de samengestelde produktiefactor, terwijl de relatieve aandelen boven de samenstellende onderdelen zijn vermeld. Zo krijgt in de CES-functie voor de totale produktiecapaciteit, aan de top van de geneste produktiestructuur, de factor arbeid een gewicht van $0,65$ en de factor kapitaal een gewicht van $0,35$. Uit empirisch onderzoek voor Nederland blijkt dat kapitaal en arbeid zijn niet al te goede substituten voor elkaar zijn: hier is een substitutie-elasticiteit van $0,8$ verondersteld. Deze is lager dan de substitutie-elasticiteit van één in een Cobb-Douglas produktie-functie.

Een substitutie-elasticiteit van één is wel gekozen voor de verhouding tussen de inzet van menselijk kapitaal en het arbeidsvolume. Deze keuze is in overeenstemming met onderzoeksuitkomsten over de substitutie tussen geschoolde en ongeschoolde arbeid ("witte" en "blauwe" boorden). Voorts is hier op basis van loonverschillen tussen geschoolde en ongeschoolde arbeid het aandeel van het arbeidsvolume, en daarmee ook dat van het menselijk kapitaal, op $0,5$ gesteld. Deze verhouding sluit aan op de recentelijk door Mankiw e.a. (1992) bepaalde Cobb-Douglas produktiefunctie voor de Verenigde Staten waarin arbeidsvolume, menselijke kapitaal en fysieke

kapitaalgoederenvoorraad als onderscheiden produktiefactoren ieder een gewicht éénderde krijgen.

Ofschoon de onderwijsuitgaven van de overheid een veel groter bedrag uitmaken dan het technologiekapitaal, hebben deze onderwijsuitgaven in de CES-functie die de koppeling tussen onderwijsuitgaven en technologiekapitaal tot menselijk kapitaal beschrijft, toch een betrekkelijk gering gewicht gekregen, nl. 0,33 tegenover 0,66 voor het technologiekapitaal. Hierbij dient echter bedacht te worden dat de overheidsuitgaven voor onderwijs voor een belangrijk deel algemeen vormend onderwijs betreffen en dat deze kennis reeds impliciet begrepen is in het niet voor toegevoegd menselijk kapitaal gecorrigeerde arbeidsvolume.

In een aantal gevallen zijn de samenstellende produktiefactoren niet als substituten maar als complementair opgevat. Dit geldt bijvoorbeeld voor de hoeveelheid technologiekapitaal en de fysieke kapitaalgoederenvoorraad, en ook voor energie en kapitaal. Een dergelijke complementariteit is eveneens tussen de opbouw van technologiekapitaal en het onderwijs verondersteld. Technologisch geavanceerde apparatuur kan immers pas dan in het productieproces worden ingeschakeld indien voldoende geschoold bedieningspersoneel aanwezig is.

Tenslotte is verondersteld dat de uit hoofde van binnenlandse O&O-uitgaven ontwikkelde kennis en de ingevoerde kennis goede substituten voor elkaar zijn en een substitutie-elasticiteit van 1,5 hebben.

Ofschoon we de keuze van de parameterwaarden zowel via de randvoorwaarden aan de calibratie-procedure als door gebruik te maken van verspreide empirische kennis zo goed mogelijk hebben onderbouwd, berust deze kwantitatieve invulling van de produktiestructuur natuurlijk voor een belangrijk deel op ruwe gissingen. Nader empirisch onderzoek is nodig of de door ons gekozen coëfficiëntwaarden een goede afspiegeling van de werkelijkheid vormen.

Naast de specificaties voor de geneste structuur van het productieblok, zoals geschetst in figuur 1, bevat het model ook vraagvergelijkingen voor de onderscheiden produktiefactoren. Tenslotte is een vergelijking voor de afzetprijz als een gewogen gemiddelde van de prijzen van onderscheiden produktiefactoren opgesteld. Ook voor de specificatie en de empirische invulling van de factor-vraagvergelijkingen is de hierboven geschetste methodiek van een combinatie van schattingen en gissingen ('guesstimates') gehanteerd. Het gaat hierbij om een investeringsvergelijking, een energievraagvergelijking, twee vraagvergelijkingen die resp. de binnenlandse O&O-uitgaven en de

invoer van buitenlands technologiekapitaal bepalen. De onderwijsuitgaven zijn exogeen verondersteld. De arbeidsvraag volgt dan impliciet uit de door de afzet bepaalde behoefte aan productiecapaciteit. Om in dit opzicht zoveel mogelijk de symmetrie in het productieblok te behouden, bevat iedere factorvraagvergelijking, naast een eigen prijsvariabele (met een negatieve coëfficiëntwaarde) ook kruiselingse prijsvariabelen als determinanten. De waarden van deze kruiselingse prijselasticiteiten zijn ontleend aan de verkozen produktiestructuur.

De investeringen zijn afhankelijk gesteld van de afzet, de reële rente als eigen prijsvariabele, de beschikbaarheid van krediet en de bezettingsgraad van de kapitaalgoederenvoorraad. De belangrijkste determinanten van de energievraag zijn de afzet (met een lange termijn-elasticiteit van één) en de reële energieprijis (met een lange termijn-elasticiteit van - 0,5). Wij veronderstellen dat de vraag naar binnenlandse O&O-uitgaven weinig prijselastisch is, terwijl de relatieve prijsgevoeligheid bij de invoer van technologiekapitaal veel groter is. In deze laatste vraagvergelijking is ook een verklarende variabele opgenomen die aangeeft in welke mate er een technologische kloof bestaat tussen Nederland en de rest van de industriële wereld. Naarmate deze kloof groter is voert ons land meer technologiekapitaal in.

Om de terugkoppelingsmechanismen in de modelanalyse te betrekken is het productieblok en het stelsel factor-vraagvergelijkingen uitgebreid met een aantal vergelijkingen die de rest van de economie beschrijven. De modelleringswijze van de rest van de economie is ontleend aan de structuur van de modellen die momenteel in de macro-economische beleidsanalyse in ons land een rol spelen. Het gaat hier voornamelijk om de bestedingsvergelijkingen die de feitelijke vraag op de goederenmarkt beschrijven. Daarnaast bevat het model vergelijkingen voor de arbeidsmarkt (loon- en arbeidsaanbodvergelijking) en voor de monetaire sfeer (rente- en geldvraagvergelijking). De specificatie en empirische invulling van deze vergelijkingen voor de rest van de economie zijn grotendeels overgenomen uit de gestileerde modellen die Den Butter (1991a) gebruikt heeft om de wisselwerking tussen modelstructuur en beleid te illustreren, zij het dat de vergelijkingen van kwartaal- naar jaarbasis zijn omgezet.

De koppeling met de rest van de economie geeft het model een bepaalde signatuur, hetgeen overigens in overeenstemming met de huidige beleidsmodellen is. Deze karakteristiek is essentieel voor de validiteit van het model, zoals uit de navolgende simulatie-experimenten blijkt. Immers, indien één van de productiefactoren, die als invoer in het productieblok dient - zoals de ingezette hoeveelheid arbeid, onderwijs of het technologiekapitaal - een autonome stijging

daardoor, *ceteris paribus*, de totale produktiecapaciteit stijgen. De causaliteit in figuur 1 loopt dan, als het ware, van beneden naar boven. Maar door de koppeling met het model voor de rest van de economie bepalen de bestedingen de totale produktie. Afgezien van verschillen in bezettingsgraad die als buffer dienen volgt de in het produktieblok bepaalde produktiecapaciteit de feitelijke (structureel gewenste) produktie. Nu is het produktieblok zodanig gespecificeerd dat de vraag naar arbeid een belangrijke rol bij de aansluiting van de produktiecapaciteit op het (structurele) produktieniveau vervult. In het gekoppelde model loopt de causaliteit in het produktieblok van figuur 1 dus niet langer van onder naar boven maar van rechts naar links. Vandaar dat de loonkosten-elasticiteit van de arbeidsvraag in het model impliciet ('via een omweg') is bepaald en dat bij de calibratie als randvoorwaarde dient te gelden dat deze elasticiteitswaarde moet aansluiten op de empirische uitkomsten voor Nederland ter zake.

3. Beleids- en gevoeligheidsanalyse

Met het model zijn een aantal impulssimulaties uitgevoerd. Deze dienen zowel om de werking van het model te leren kennen als om een beeld te krijgen van de gevolgen van impulsen en gedragsveranderingen die in de sfeer van technologiebeleid en wetenschapsbeleid liggen. Dit beeld van de beleidsmogelijkheden is noodzakelijkerwijs zeer schetsmatig. Toch is dit meer dan de theoretische endogene groeimodellen ons kunnen leren. Immers, de theoretische modellen verschaffen ons alleen een kwalitatief beeld van de beleidseffecten, terwijl een kwantitatief model zoals het onze het belang van elkaar neutraliserende mechanismen kan wegen. Ook hebben we met ons model een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij wordt nagegaan welke parameterwaarden van doorslaggevende betekenis in de beleidssimulaties zijn en waarop het empirisch onderzoek zich dus verder dient te richten. Zo komen we tot een volgend oogmerk van onze impulssimulaties: deze geven aan op welk gebied verder empirisch onderzoek nodig is.

Loonmatiging

In de eerste plaats tonen wij bij wijze van gevoeligheidsanalyse een aantal simulatie-uitkomsten van de gevolgen die een loonmatiging volgens ons model heeft. Deze berekening is als een referentie-simulatie op te vatten. Immers, nu de loonmatiging in ons land al sinds jaar en dag de belangrijkste beleidsoptie vormt om de werkloosheid te bestrijden, zijn voor welhaast ieder Nederlands macro-economisch model de uitkomsten van loonmatigingsvarianten beschikbaar.

Bij de presentatie van de simulatie-uitkomsten in Tabel 1 beperken wij ons

hier tot het meest essentiële aspect in de discussie over de effectiviteit van een loonmatiging, namelijk de loonkosten-elasticiteit van de arbeidsvraag. Zoals vermeld hebben wij ons bij de calibratie van het model geconformeerd aan de elasticiteitswaarde van $-0,5$ ($-0,6$) die gemiddeld genomen in de structuurvergelijking voor de Nederlandse arbeidsvraag wordt aangetroffen. Deze elasticiteit is echter niet relevant voor de effectiviteit van een loonmatiging. Daarvoor zijn niet alleen de directe effecten via de arbeidsvraag maar ook de indirecte effecten vanwege de veranderde prijsverhoudingen (concurrentiepositie, afzet) van belang. Kortom, het gaat dan om de 'herleide-vorm' loonkosten-elasticiteit volgens het hele model. Deze komt in de Nederlandse beleidsmodellen belangrijk hoger uit dan de $-0,5$ van de structuurvergelijking (zie voor een gevoeligheidsanalyse over dit aspect: Den Butter, 1991b). Deze herleide-vorm elasticiteit blijkt in ons land ongeveer gelijk aan -1 te zijn. Zulke een elasticiteitswaarde wordt door ons model gereproduceerd indien we de invloed van het technologiekapitaal op de kapitaalgoederen-voorraad, en de invloed van het menselijk kapitaal op het arbeidsvolume volledig uitschakelen (zie Tabel 1: (1)). Met andere woorden: indien we de modellering van de produktiestructuur reduceren tot hetgeen gebruikelijk is in de Nederlandse macro-economische beleidsmodellen.

Tabel 1: Lange termijn loonkosten-elasticiteit van de arbeidsvraag volgens verschillende modelversies

Modelversie	Elasticiteitswaarde
(0) productieblok	$-0,6$ (gecalibreerd)
(1) geen invloed technologiekapitaal en menselijk kapitaal	$-1,0$
(2) basisvariant	$-2,3$
(3) kleiner aandeel technologiekapitaal in opbouw menselijk kapitaal ($0,7 \rightarrow 0,5$)	$-2,2$
(4) als (3) plus geringere invloed menselijk kapitaal op efficiëntie van arbeid ($0,5 \rightarrow 0,4$)	$-1,8$
(5) sterkere complementariteit tussen technologiekapitaal en fysiek kapitaal ($\sigma : -1,0 \rightarrow -1,5$)	$-2,1$
(6) grote lange termijn prijselasticiteit van energievraag ($-0,5 \rightarrow -1,0$)	$-2,3$

Opvallend genoeg komt daarentegen de herleide-vorm loonkosten-elasticiteit in de basisvariant van ons model veel hoger uit en krijgt een waarde van maar liefst - 2,3 (Tabel 1: (2)). Volgens dit model is een loonmatiging dus veel effectiever dan volgens de gebruikelijke beleidsmodellen. In de gevoeligheidsanalyse zijn wij nagegaan welke factoren hiertoe bijdragen. In de eerste plaats is verondersteld dat het technologiekapitaal een minder grote bijdrage levert in de opbouw van het menselijk kapitaal (Tabel 1: (3)). Deze variant geeft inderdaad een, zij het zeer geringe, daling van de loonkosten-elasticiteit te zien. Vervolgens is als extra veronderstelling toegevoegd dat het menselijk kapitaal van minder belang is voor de efficiëntie van het arbeidsvolume dan in de basisversie van het model (Tabel 1: (4)). De gevonden waarde voor de loonkosten-elasticiteit is dan nog wat lager, namelijk - 1,8. Een ander aspect dat mogelijkwijs de herleide-vorm loonkosten-elasticiteit beïnvloedt, is de mate van complementariteit tussen het technologiekapitaal en de fysieke kapitaalgoederenvoorraad. Wanneer deze complementariteit groter is dan het basismodel veronderstelt (de substitutie-elasticiteit σ daalt van - 1 naar - 1,5), heeft dit inderdaad tot gevolg dat de loonkosten-elasticiteit lager uitkomt (Tabel 1: (5)). Deze opgetreden daling van - 2,3 naar - 2,1 is echter zeer gering. Tot slot is onderzocht in hoeverre in dit verband de prijselasticiteit van de energievraag een rol speelt. Een verhoging van deze elasticiteit lijkt echter nauwelijks van invloed op de herleide-vorm loonkosten-elasticiteit (Tabel 1: (6)).

Samenvattend laat ons model zien dat de endogenisering van het technologiekapitaal en de inbouw in het productieblok van uitstralingseffecten van technologiekapitaal naar menselijk kapitaal tot een sterkere loongevoeligheid van de arbeidsvraag leidt. Dit is, zo blijkt uit de gevoeligheidsanalyse, het gevolg van de toeneming van het aantal gemodelleerde substitutiekanaalen tussen arbeid en de overige produktiefactoren. Deze grote effectiviteit van een loonmatiging volgens ons model mag echter niet worden opgevat als een pleidooi om het loonmatigingsbeleid met kracht voort te zetten. Het model beschrijft immers dat als gevolg van de loonmatiging waarbij de produktiefactor (laaggeschoolde) arbeid goedkoper wordt, er minder uitgaven hoeven te worden gedaan om de kwaliteit van de arbeid en de kwaliteit van de productie te vergroten. In die zin levert een loonmatiging weliswaar meer werk op, maar brengt ook een vergroting van de technologische achterstand en een relatieve achteruitgang van het scholingsniveau van de beroepsbevolking met zich mee. Vanuit de welvaartsoptiek is dat geen goede zaak.

Technologische impuls

Ter illustratie van de mate waarin de endogenisering van de technische ontwikkeling de werking van ons model beïnvloedt, gaan we iets dieper in op een gevoeligheidsanalyse die met dit oogmerk is uitgevoerd. De analyse

vindt plaats op basis van een simulatie waarin een 10% blijvende verhoging van de binnenlandse O&O-uitgaven is gesimuleerd. De uitkomsten volgens de basisvariant van ons model zijn gegeven in het eerste blok van tabel 2. De impuls heeft een positief effect op het inkomen waarbij de vraag naar investeringen en de energievraag toenemen. Door de impuls aan het technologiekapitaal en de daarmee gepaard gaande 'spill-over' naar het menselijk kapitaal neemt ook de potentiële productiecapaciteit sterk toe. Vanwege de vraagbepaalde signatuur van het model weegt echter de groei van de economische bedrijvigheid niet op tegen deze geïnduceerde groei van de arbeidsproductiviteit. Vandaar dat de arbeidsvraag, die immers in het model een residuele behandeling kent, in dit geval daalt.

Volgens de basisvariant van het model heeft de O&O-impuls een fors effect. Dit effect blijkt veel minder groot indien de arbeid gemeten in efficiency-eenheden uitsluitend bepaald wordt door de feitelijke werkgelegenheid en het ontwikkelingsniveau en er dus geen sprake is van een 'spill-over' van de opbouw van technologiekapitaal naar het menselijk kapitaal (zie figuur 1). De gevoeligheidsanalyse laat dus zien dat deze 'spill-over' van kennis, die een kenmerkend onderdeel van een nieuwe groeitheorie vormt, van groot belang is voor de effectiviteit van het beleid.

In feite is een belangrijk aspect van de endogene groeitheorie niet in de basisvariant van het simulatiemodel ingebouwd. Dit betreft de veronderstelling dat de opbouw van kennis via de opbouw van technologiekapitaal (dus het ontwikkelen van nieuwe produktontwerpen) en de hiermee verbonden externe effecten van directe invloed zijn op de productiecapaciteit. Wanneer we de 'spill-over' van kennis op deze manier in het model inbouwen verkrijgen we de uitkomsten die in tabel 2 onder de kop (2) 'endogene' groeimodel gegeven zijn. De tabel toont dat volgens deze modelvariant de O&O-impuls een nog iets grotere effectiviteit heeft dan volgens de basisvariant.

Recentelijk hebben Aghion en Howitt (1992) een endogeen groeimodel ontwikkeld waarin rekening wordt gehouden met zogeheten creatieve vernietiging. Hiermee beschrijven zij het verschijnsel dat het ontwikkelen van nieuwe kennis de bestaande kennis versneld doet verouderen. Immers, wanneer een nieuw produkt op de markt wordt gebracht, zal hierdoor veelal een gelijksoortig produkt van mindere kwaliteit van de markt verdrongen worden. In ons simulatiemodel hebben we creatieve vernietiging (op zeer primitieve wijze) ingebouwd door het afschrijvingspercentage van het technologiekapitaal afhankelijk te stellen van de intensiteit van de O&O-uitgaven. Onze gevoeligheidsanalyse met deze variant laat zien dat creatieve vernietiging de effectiviteit van een O&O-impuls nadelig beïnvloedt.

Tenslotte laat tabel 2 zien wat de gevolgen zijn indien de binnenlandse O&O-inspanningen geen directe invloed hebben op de opbouw van het Nederlandse technologiekapitaal. Men kan hierbij denken aan het feit dat in Nederland O&O voor een groot deel een zaak is van de vijf grote multinationals, waarbij de opbrengsten van dit spuurwerk niet noodzakelijkerwijs de efficiëntie van de Nederlandse kapitaalgoederenvoorraad ten goede komt. Het laatste blok in tabel 2 laat zien welke gevolgen extra O&O-inspanningen in ons land onder deze extreme veronderstelling op de economische ontwikkeling hebben. Hierbij is evenals in de voorgaande variant de in variant (2) geïntroduceerde endogene groeiveronderstelling gehandhaafd. De tabel laat zien dat ook volgens deze laatste variant een intensivering van de O&O-inspanningen een positieve uitwerking heeft op de economische bedrijvigheid vanwege de externe effecten die er van in Nederland verricht spuurwerk uitgaan. Aldus onderbouwt deze variant het beleid om bepaalde kennisintensieve strategische industriële productie voor Nederland te behouden.

Tabel 2: De gevolgen van een blijvende autonome toeneming met 10% van de binnenlandse O&O-uitgaven (%-veranderingen t.o.v. basisprojectie 1981-1987)

	Effect na	Effect op			
		invest.	energie	arbeid	inkomen
(0) basisvariant	1 jaar	0,3	0,1	-1,3	0,1
	4 jaren	2,9	1,4	-5,6	1,2
	7 jaren	6,6	3,7	-7,7	2,1
(1) geen spill-over van kennis	1 jaar	0,1	0,0	-0,3	0,0
	4 jaren	0,7	0,4	-1,6	0,3
	7 jaren	1,7	1,0	-2,4	0,6
(2) 'endogene' groeimodel	1 jaar	0,3	0,1	-1,2	0,1
	4 jaren	3,0	1,4	-5,8	1,2
	7 jaren	7,0	3,9	-8,4	2,3
(3) creatieve vernietiging met endogene groei	1 jaar	0,0	0,0	-0,0	0,0
	4 jaren	1,8	0,8	-4,3	0,8
	7 jaren	5,5	2,9	-7,1	1,9
(4) geen invloed binnenlandse O&O met endogene groei	1 jaar	0,2	0,0	-0,8	0,1
	4 jaren	1,0	0,5	-1,7	0,4
	7 jaren	1,8	1,1	-2,1	0,6

Samenvattend toont de analyse van tabel 2 hoe ons simulatiemodel een aantal mechanismen die in de moderne groeitheorie een rol spelen en die ook vanuit de optiek van het technologiebeleid en het wetenschapsbeleid in de belangstelling staan, weet bloot te leggen.

4. Besluit

Over het algemeen tonen de modelsimulaties dat beleid dat de opbouw van technologiekapitaal en van menselijk kapitaal stimuleert, zoals verwacht, tot een vergroting van de economische bedrijvigheid en tot een toeneming van de arbeidsproductiviteit leidt. Zo levert bij voorbeeld volgens het model een autonome verhoging van de binnenlandse O&O-uitgaven met 10% op de lange termijn een toeneming van de arbeidsproductiviteit met maar liefst ruim 10% op. De gevolgen voor de werkgelegenheid zijn daarentegen meer complex. Het gaat er daarbij om hoe de produktiviteitsverbetering omgezet wordt in een welvaartsverbetering. Indien de verhoging van de arbeidsproductiviteit volledig aan een toeneming van de reële lonen wordt besteed, hetgeen een aanzienlijke verhoging van de *koopkracht* met zich mee zou brengen, neemt in de meeste gevallen de arbeidsvraag af. Een koopkrachtverbetering is echter slechts één manier om de toegenomen produktiviteit voor een welvaartsverbetering te benutten. De produktiviteitsverhoging kan ook in meer *vrije tijd* worden omgezet. In het verleden heeft de technische vooruitgang immers in belangrijke mate bijgedragen tot een structurele werktijdverkorting, waarbij de vele vrije tijd als één van de belangrijkste verworvenheden van het huidige welvaartsniveau kan worden opgevat. Bij een omzetting van toegenomen arbeidsproductiviteit in vrije tijd neemt de arbeidsvraag niet af. In ieder geval tonen de simulaties aan dat beleidsmatige prikkels die de kwaliteit van de productie vergroten, tot een welvaartsverbetering leiden.

Een belangrijk resultaat van een gevoeligheidsanalyse met ons model is dat de uitgebreide modellering van de produktiestructuur, waarin onder meer via uitstralingseffecten ('spill-overs') elementen van de moderne groeitheorie zijn verwerkt, bepalend blijkt te zijn voor de mate waarin het model de effectiviteit van een loonmatiging beschrijft. Volgens ons simulatiemodel is een loonmatiging een veel effectiever instrument van werkgelegenheidsbeleid dan volgens de soortgelijke modellen waarin de produktiestructuur niet zo extensief beschreven is. Het gaat daarbij om een lange-termijn loonelasticiteit van de arbeidsvraag van ruim -2 in ons volledige simulatiemodel tegenover een zelfde 'herleide vorm'-elasticiteit van -1 in een variant van het model waarin de technische ontwikkeling exogeen is gelaten.

Vooralsnog hebben we nog maar een beperkt aantal gebruiksmogelijkheden van ons simulatiemodel onderzocht en richt het model zich vooral op de relatie tussen produktiestructuur en kennis. De directe invloed van de technische ontwikkeling op de vraag blijft in het model onderbelicht. Hierdoor tonen de berekeningen een aanzienlijke uitruil tussen koopkracht en werkgelegenheid. Bij een direct verband tussen technologie en goederenvraag kan vooral gedacht worden aan de relatie tussen de technologische ontwikkeling en de export. Hiertoe biedt een onderdeel van de endogene groeitheorie, dat zich richt op het verband tussen groei en handel, goede aanknopingspunten (Grossman en Helpman, 1991). Bovendien kan een vertraging van de eigen O&O-inspanningen ten opzichte van die van onze voornaamste concurrenten 'creatieve vernietiging' met zich meebrengen. Dit betekent een aantasting van de kwaliteit van de produktie, waardoor zowel de economische bedrijvigheid als de werkgelegenheid zullen dalen. Het neemt niet weg dat het verband tussen de technologische ontwikkeling en de werkgelegenheid ingewikkelder is dan dat tussen technologie en economische groei. Wat het laatste verband betreft bevestigen de modelsimulaties zonder meer dat meer technologie inderdaad tot meer groei leidt.

Literatuur

- Aghion Ph., en P. Howitt, 1992, A model of growth through creative destruction, *Econometrica*, 60, 323-351.
- Butter, F.A.G. den, 1991a, Macroeconomic modelling and the policy of restraint in the Netherlands, *Economic Modelling*, 8, 16-33.
- Butter, F.A.G. den, 1991b, De werkgelegenheid in macro-modellen: een overzicht, *OSA-Werkdocument W 85*, juni 1991.
- Butter, F.A.G. den, en F.J. Wollmer, 1992, *Endogenising Technical Progress in The Netherlands*, 'Beleidsstudies Technologie Economie', Nr. 22 (Ministerie van Economische Zaken, Den Haag).
- Butter, F.A.G. den, en F.J. Wollmer, 1993, An empirical model for endogenous technology in The Netherlands, *Tinbergen Institute Discussion Paper TI 93-44*.
- Grossman, G.M. en E. Helpman, 1991, *Innovation and Growth in the Global Economy* (MIT Press, Cambridge, Massachusetts).
- Hulst, N. van, 1992, Technologie als motor van de economische groei, *Economisch Statistische Berichten*, 77, 1088-1092.
- Mankiw, N.G., D. Romer en D.N. Weil, 1992, A contribution to the empirics of economic growth, *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407-437.
- Solow, R.M., 1992, Policies for economic growth, *De Economist*, 140, 1-15.