

WORKING PAPER

2-03

De macro-economische impact van ICT: economische trendgroei, conjunctuurcyclus en NAIRU



**Federaal
Planbureau**

Economische analyses en vooruitzichten

Kunstlaan 47-49

B-1000 Brussel

Tel.: (02)507.73.11

Fax: (02)507.73.73

E-mail: contact@plan.be

URL: <http://www.plan.be>

W. Van Zandweghe

Februari 2003



**De macro-economische
impact van ICT:
economische trendgroei,
conjunctuurcyclus en
NAIRU**

W. Van Zandweghe

Februari 2003



Federaal Planbureau

Het Federaal Planbureau (FPB) is een instelling van openbaar nut.

Het FPB voert beleidsrelevant onderzoek uit op economisch, sociaal-economisch vlak en op het vlak van leefmilieu.

Hiertoe verzamelt en analyseert het FPB gegevens, onderzoekt het aanneembare toekomstscenario's, identificeert het alternatieven, beoordeelt het de gevolgen van beleidsbeslissingen en formuleert het voorstellen.

Het stelt zijn wetenschappelijke expertise onder meer ter beschikking van de regering, het Parlement, de sociale gesprekspartners, nationale en internationale instellingen.

Het FPB zorgt voor een ruime verspreiding van zijn werkzaamheden. De resultaten van zijn onderzoek worden ter kennis gebracht van de gemeenschap en dragen zo bij tot het democratisch debat.

Internet

URL: <http://www.plan.be>

E-mail: contact@plan.be

Publicaties

Terugkerende publicaties:

De economische vooruitzichten
De economische begroting
De "Short Term Update"

Planning Papers (de laatste nummers)

Het doel van de "Planning Papers" is de analyse- en onderzoekswerkzaamheden van het Federaal Planbureau te verspreiden.

91 *Verkenning van de financiële evolutie van de sociale zekerheid 2000-2050 - De vergrijzing en de leefbaarheid van het wettelijk pensioensysteem*
M. Englert, N. Fasquelle, M.-J. Festjens, M. Lambrecht, M. Saintrain, C. Streel, S. Weemaes - Januari 2002

92 *De administratieve lasten in België voor het jaar 2000 - Eindrapport*
Greet De Vil, Chantal Kegels - Januari 2002

Working Papers (de laatste nummers)

15-02 *Opleiding en kwalificaties, arbeidsmarkt en ICT: de rol van onderwijs en training*
Gijs J.M. Dekkers - November 2002

16-02 *The New Economic Geography: a survey of the literature*
D. Simonis - December 2002

1-03 *Network industries in Belgium - Economic significance and reform*
D. Gusbin, C. Kegels, P. Vandenhove, J. van der Linden, M. van Overbeke - Januari 2003

Overname wordt toegestaan, behalve voor handelsdoeleinden, mits bronvermelding.

Verantwoordelijke uitgever: Henri Bogaert

Wettelijk Depot: D/2003/7433/2

Deze paper heeft veel gebaat bij het nalezen van eerdere versies en de nuttige opmerkingen en suggesties door collega's op het Federaal Planbureau. Mijn dank gaat hiervoor in het bijzonder uit naar Henri Bogaert, Francis Bossier, Gijs Dekkers, Michel Englert, Christophe Joyeux, Chantal Kegels, Igor Lebrun, Eric Meyermans, Peter Stockman, Mary van Overbeke en Joost Verlinden. Ook dank ik Adinda De Saeger voor haar hulp bij het opstellen van de lay-out van dit document. Alle resterende fouten zijn mijn verantwoordelijkheid.

Dit onderzoek werd op initiatief van het Ministerie van Economische Zaken uitgevoerd in opdracht van de Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden (DWTC), in het kader van het onderzoeksprogramma "Transitie naar de informatiemaatschappij: perspectieven en uitdagingen voor België" (S2/64/01). Ik dank beide instellingen voor hun ondersteuning.

Samenvatting: informatie- en communicatietechnologieën (ICT) oefenen een invloed uit op de performantie van de economie. Belangrijke indicatoren van de macro-economische activiteit zijn de langetermijngroei van de productie, de cyclische groei van de productie en de evenwichtswerkloosheidsgraad. In eerste instantie worden macro-economische theorieën besproken die het niveau en de dynamiek van deze variabelen verklaren. Vanuit deze inzichten wordt vervolgens het mogelijk effect van ICT op deze macro-economische variabelen in beschouwing genomen. Wat de economische groei betreft, vormen deze technologieën mogelijk een ingrijpende stimulans voor de langetermijngroei van de productiviteit, zoals reeds is vastgesteld in de Verenigde Staten. Ten tweede zouden ICT, naast de rol die ze hebben gespeeld in de meest recente conjunctuurcyclus, ook op termijn de stabiliteit van de economische groei kunnen beïnvloeden. Aangaande de diffusie van ICT speelt vooral het verbeterd voorraadbeheer hierin een rol. De NAIRU, ten slotte, kan zich tijdelijk aanpassen aan snellere productiviteitsgroei en structurele aanpassing ten gevolge van de adoptie van ICT, maar kan ook op lange termijn veranderen door vermindering van de zoekkosten of van de waardering van laaggekwalificeerde arbeidsmarktparticipanten door ICT.

JEL-classificatie: E32, J64, O33, O47



Inhoudstafel

	Executive summary	1
I	Inleiding	3
II	Vergelijking met voorgaande technologische schokken	5
	A. Technologie, innovatie en diffusie	5
	B. De impact van GPT's in het verleden	6
	C. ICT in historisch perspectief	8
	D. Samenvatting	10
III	Economische groei op lange termijn	11
	A. Neoklassieke groeitheorie	12
	1. Solow-model	12
	2. Uitbreidingen	17
	3. Belangrijkste implicaties van ICT	18
	B. Groeiboekhouding	18
	1. Verband met het Solow-model	19
	2. Kapitaal- en arbeiddiensten	21
	3. Uitbreidingen	23
	4. Belangrijkste implicaties van ICT	24
	C. Endogene groeitheorie	26
	1. AK-model	27
	2. Spillovermodellen	27
	3. Innovatie bij monopolistische concurrentie	29
	4. Belangrijkste implicaties van ICT	31
	D. Samenvatting	35
IV	Conjunctuurcyclus	37
	A. Technologische vooruitgang	37
	B. Belangrijkste implicaties van ICT	38
	1. De meest recente cyclus	38
	2. De cycli gedurende een lange periode	40

	C. Samenvatting	43
V	NAIRU	45
	A. Definitie	45
	B. Determinanten	49
	C. Empirische resultaten	52
	D. Technologische vooruitgang	53
	E. Belangrijkste implicaties van ICT	56
	F. Samenvatting	59
VI	Besluit	61
VII	Referenties	63



Executive summary

Despite the major corrections of technology stock prices over the past two years, which signalled the end of the ICT hype of the late 1990s, there remains a large consensus that the economic importance of ICT for firms and households only stands to increase. In order to clarify the linkages through which ICT can affect economic activity, this paper discusses the possible impact of ICT on three important measures of macroeconomic activity: long-run economic growth, cyclical growth and the NAIRU. The channels linking technical progress and economic activity are outlined and applied to ICT. The discussion is largely theoretical but is illustrated with available results for Belgium.

First, the long-run impact of ICT on macroeconomic growth has been the subject of many studies. In this literature, ICT may positively affect economic growth by increasing labour productivity gains. Labour productivity growth may accelerate thanks to fast technical progress in the ICT producing sectors, and thanks to the rapid accumulation of ICT capital in the rest of the economy that results from the ensuing price declines of ICT capital goods. More controversially, the diffusion of ICT may also stimulate total factor productivity growth. Through these channels, ICT can constitute a major stimulus for long-run productivity growth, as has been the case in the United States. The available evidence for Belgium suggests that, although labour productivity growth did not accelerate in the late 1990s, the adoption of these technologies by Belgian firms has led the growth contribution of ICT capital to nearly double between the first and second half of the 1990s.

Second, ICT may affect the cyclical economic growth around its trend. The impact the adoption of ICT may have on the business cycle runs through at least two channels. Through the first channel, ICT help to improve firms' inventory control. Just-in-time inventory control systems have led to a stabilisation of inventory investment, a small but very volatile component of aggregate demand. The second channel runs through gross investment of the business sector, another volatile component of aggregate demand. This channel has opposing effects, however: on the one hand ICT increases gross investment because ICT capital goods are characterised by large depreciation rates. On the other hand this fast depreciation may reduce the volatility of gross investment, as it allows adjusting investment plans faster after an economic shock. The direction of the overall effect is an empirical question.

Third, the possible impact of the increasing use of ICT on the NAIRU is considered. The NAIRU is the unemployment rate consistent with stable inflation, and forms an important part of business cycle theory. The diffusion of ICT may affect the NAIRU through three channels. Firstly, the NAIRU may temporarily fall if productivity growth accelerates but real wage claims adjust only gradually. Secondly, it may rise as a result of the asymmetric effects of increasing ICT use on the unemployment of skilled and unskilled workers. Finally, the NAIRU may vary as a result

of changes in the job matching technology. Although in the United States the combination of accelerated productivity growth and inert aspiration wages may have been of overriding importance, in Belgium the pernicious impact of ICT on low-skilled workers may dominate the overall effect of ICT on the NAIRU. However, this remains again a challenging empirical question.



Inleiding

Het optimisme over de ingrijpende economische invloed van informatie- en communicatietechnologieën (ICT) lijkt bij velen te zijn weggeëbt samen met de koersen van de technologie-aandelen. Het begrip “nieuwe economie” lijkt vandaag dan ook niet veel betekenis meer te hebben. Veel verschijnselen waarmee deze nieuwe economie werd geassocieerd, zoals snel-stijgende beurskoersen van technologiebedrijven en massale investeringen in kapitaaluitrusting van ICT, zijn vandaag niet langer aanwezig. Hoewel het duidelijk is dat ICT een cruciale rol hebben gespeeld in de expansie van de Amerikaanse economie in de jaren 1990, en ook voor de Belgische en Europese economie van groot belang zijn, bestaat er nog geen consensus over wat de langetermijnvloed van deze technologieën - de nieuwe economie - precies inhoudt. Toen de economische expansie van de late jaren 1990 nog in volle gang was, werden drie versies van de nieuwe economie onderscheiden (Stiroh, 1999): de versie van de langetermijngroei, de versie van de conjunctuurcyclus en de versie van de bronnen van de groei.

Volgens de eerste versie leiden de productie en het gebruik van ICT samen met de toenemende globalisering tot een verhoging van de potentiële outputgroei. Aangezien de groei van de beroepsbevolking nauwelijks verandert, is deze versnelling te danken aan een toename van de groei van de arbeidsproductiviteit. Recente gegevens suggereren inderdaad een consensus dat de trendgroei van de arbeidsproductiviteit in de Verenigde Staten met ongeveer 1 procentpunt verhoogd is sedert het midden van de jaren 1990, en dat ICT een belangrijke rol hebben gespeeld in deze groeiversnelling (zie bijvoorbeeld Oliner en Sichel, 2002, en Jorgenson, Stiroh en Ho, 2002).

In de tweede versie wordt de nieuwe economie verklaard in termen van de bronnen van de groei. De methode van de groeiboekhouding ontleedt de groei van de gemiddelde arbeidsproductiviteit in termen van de toename van de kapitaalintensiteit en de residuele groei van de totale factorproductiviteit (TFP). De TFP-groei is het resultaat van de factoren die vooral in de endogene groeitheorie centraal staan: technische en organisationele verbetering, externaliteiten, toenemende schaalopbrengsten, en andere factoren. Het toenemend gebruik van ICT zou de TFP-groei stimuleren door het belang van deze factoren te verhogen. Deze verklaring houdt dus verband met de versie van de langetermijngroei, maar is controversiëler.

Ten slotte laten ICT hun invloed voelen op de lengte van de conjunctuurcyclus. De Phillips-curve beschrijft de afruil tussen inflatie en werkloosheid op korte termijn. Als de werkloosheid onder de NAIRU daalt, stijgt de inflatie boven verwachting. Tijdens de jaren 1990 bleven zowel de inflatie als de werkloosheidsgraad onverwacht laag in de Verenigde Staten, waardoor de economische expansie kon doorgaan gedurende een recordlengte van 10 jaar. De gelijktijdige afname van inflatie en werkloosheid is verklaarbaar door een daling van de NAI-

RU. Er zijn verscheidene oorzaken geopperd voor deze onverwachte daling, waaronder een aantal aan ICT gerelateerde factoren.

In deze paper worden macro-economische theorieën besproken die de basis vormen van de analyse van de macro-economische impact van ICT, en dus van deze drie versies van de nieuwe economie. Het is een overzicht van bestaande inzichten en analyse-instrumenten van de economische invloed van technologische vooruitgang. Hierbij wordt vooral ingegaan op de belangrijkste implicaties van ICT in het kader van deze theorieën. Hoewel het tijd kost om een aantal hypothesen te bevestigen of te verwerpen, zijn de economische fenomenen die gepaard gaan met het toenemend belang van ICT gedurende de afgelopen jaren immers verklaarbaar door de bestaande macro-economische theorieën. In die zin is er dus geen sprake van een nieuwe economie. Zoals Shapiro en Varian (1999) stellen: "Technology changes, economic laws do not".

In sectie II wordt het belang van ICT als radicale technologie onderstreept door ze te plaatsen in een historisch perspectief. De vergelijking van de gevolgen van ICT met voorgaande radicale technologische schokken is gebaseerd op de identificatie van ICT als "general purpose"-technologieën. Deze benadering van het effect van ICT op de economische groei is eerder kwalitatief, en schenkt vooral aandacht aan specifieke historische ontwikkelingen en institutionele factoren. Zij kan worden beschouwd als een aanvulling op de kwantitatieve benadering van de economische impact van ICT, die vooral is toegespitst op de rol van kapitaalaccumulatie en technologische vooruitgang.

Kapitaalaccumulatie en technologische vooruitgang staan centraal in sectie III, die dieper in gaat op macro-economische groeitheorie. Zowel de neoklassieke als de endogene groeitheorie komen aan bod, en er wordt speciale nadruk gelegd op de methode van de groeidecompositie. Zodoende behandelt deze sectie de vraag hoe ICT de economische groei, en meer specifiek de productiviteitsgroei, op lange termijn kunnen beïnvloeden. Hiertoe wordt het relatief belang van kapitaalaccumulatie en niet-belichaamde vooruitgang in ICT voor de groei overwogen.

De grootste interesse in verband met de relatie tussen ICT en de economische activiteit gaat uit naar de invloed van ICT op de trendgroei. De mogelijke effecten van de productie en diffusie van ICT op de economische cyclus hebben daarentegen veel minder aandacht gekregen. In sectie IV wordt gekeken naar de relatie tussen de productie en diffusie van ICT en de volatiliteit van de economische activiteit. Enerzijds wordt de rol van ICT in de expansie van de late jaren 1990 besproken; anderzijds wordt de mogelijke invloed van ICT op de kenmerken van toekomstige economische cycli in beschouwing genomen.

Sectie V behandelt de mogelijke impact van ICT op de evenwichtswerkloosheidsgraad. De kwestie hoe ICT de NAIRU kunnen beïnvloeden staat in verband met de voorgaande secties over de trendgroei en de cyclische groei. De NAIRU is de werkloosheidsgraad bij constante inflatie, zodat afwijkingen van de NAIRU een maat zijn van capaciteitsbenutting. Via hun invloed op de potentiële economische groei kunnen ICT de NAIRU tijdelijk wijzigen, maar ICT zouden de NAIRU ook op lange termijn kunnen veranderen via hun invloed op de job-matchingtechnologie en/of via hun asymmetrische effecten op de werkloosheid van laag- en hogeschoolde werkers.

Sectie VI besluit door de belangrijkste implicaties over de macro-economische effecten van ICT, die uit de besproken theorieën volgen, samen te brengen.



Vergelijking met voorgaande technologische schokken

De opbouw van deze sectie is als volgt: eerst worden de criteria besproken op basis waarvan technologieën met elkaar worden vergeleken. Vervolgens wordt de economische impact van enkele van deze technologieën besproken en tenslotte wordt bekeken wat deze historische vergelijking impliceert voor de verspreiding en de economische impact van ICT.

Deze “historische benadering” is een meer kwalitatieve benadering van het effect van ICT op de economische groei. Zij kan worden beschouwd als een aanvulling op de “productiefunctiebenadering” gebruikt in de neoklassieke en endogene groeitheorie van sectie III. Deze laatste vormt een kwantitatieve benadering van de impact van ICT op de groei en is vooral toegespitst op de rol van kapitaalaccumulatie en technologische vooruitgang, terwijl de benadering hier meer aandacht schenkt aan specifieke historische ontwikkelingen en institutionele factoren.

A. Technologie, innovatie en diffusie

Op lange termijn wordt economische groei bepaald door technologische vooruitgang, dat is door verbeteringen in de goederen en diensten die worden geproduceerd en verbeteringen in de manier waarop ze worden geproduceerd. Een uitvinding wordt eerst in de economie gebracht door kleine groepen mensen (*innovatie*) en dan geleidelijk overgenomen en toegepast door vele anderen (*diffusie*). Diffusie is even belangrijk als innovatie: geen nieuwe technologie of product heeft een economische impact alvorens ze verspreid zijn in de economie.

Innovatie. De meeste innovaties maken deel uit van een doorlopende stroom van kleine of *incrementele* verbeteringen binnen het kader van bestaande technologieën. Bijvoorbeeld technologische ontwikkelingen in en rond de auto. Voorts is er een speciale klasse van discontinue of *radicale* uitvindingen, die niet konden ontstaan uit incrementele verbeteringen in de technologie die ze vervangen. Bijvoorbeeld de uitvinding van de auto zelf. Binnen de categorie van radicale technologieën doet zich nu en dan een enorme verschuiving voor, die wordt aangeduid met de term “*general purpose*”-technologie (GPT).

Volgens Lipsey *et al.* (1998, pp. 38-43) zijn GPT's technologieën die vier kenmerken met elkaar delen. Ten eerste, gelegenheid tot verbetering: een GPT ontstaat als een vrij primitieve technologie met een beperkt aantal toepassingen maar evolueert naar een veel complexere technologie. Ten tweede heeft een GPT een grote variëteit van toepassingen in producten en processen. Ten derde heeft een GPT een breed toepassingsgebied, en wordt dus zichtbaar in veel domeinen van de economie. Ten vierde heeft een GPT sterke complementaire relaties met bestaande of

potentiële nieuwe technologieën. Deze complementariteit verwijst naar de aanpassing van andere technologieën aan de GPT die nodig zijn opdat de voordelen van de GPT volledig tot ontplooiing kunnen komen. Hoewel de identificatie van GPT's deels een subjectieve aangelegenheid blijft, zijn er volgens sommigen hooguit een paar dozijn GPT's voorgekomen in de 40 000-jarige geschiedenis van de moderne mens. Hieronder worden begrepen: brons, ijzer, de landbouw, de domesticatie van dieren, de windmolen, de drukpers, geautomatiseerde textielmachines, de stoommachine, elektriciteit, de interne verbrandingsmotor en de computer.

Diffusie. De diffusie van een innovatie kan worden beschouwd als de toename van het aantal gebruikers (of gebruikende sectoren) van de innovatie. De diffusie van innovaties volgt een s-patroon doorheen de tijd: er is een klein aantal vroege gebruikers dat langzaam aangroeit, alvorens een kritische massa wordt bereikt die een periode van relatief snelle toename van nieuwe gebruikers inzet. Naarmate de innovatie verspreid raakt, neemt het aantal nieuwe gebruikers steeds langzamer toe.¹

Een technologie heeft doorgaans twee aspecten: enerzijds bestaat ze uit niet-beli chaamde technologische kennis en anderzijds wordt de technologie belichaamd in wat kan omschreven worden als de structuur van de economie (zie Lipsey, aangekondigd). Die bestaat uit de kapitaaluitrusting, het menselijk kapitaal, de organisatie van de onderneming op het niveau van productie, management en financiën, industriële concentratie, de geografische locatie van bedrijven en industrieën, de infrastructuur, en de financiële instellingen en instrumenten. De diffusie van een innovatie hangt daardoor af van de snelheid waarmee de economische structuur kan worden aangepast aan de nieuwe technologie. De volledige impact van de innovatie op de economische groei kan niet worden gemerkt alvorens alle elementen van de structuur zijn aangepast aan de nieuwe technologie.

Bij de diffusie van zeer radicale innovaties of GPT's zijn deze aanpassingen doorgaans zeer ingrijpend en langdurig, zodat men soms spreekt van een overgang naar een nieuw *techno-economisch regime* (zie Freeman en Perez, 1988). Economische groei die aldus gegenereerd wordt door de introductie van nieuwe producten en processen wordt Schumpeteriaanse groei genoemd – gebaseerd op Schumpeter's (1934) notie van creatieve destructie – en staat tegenover groei door accumulatie van fysiek of menselijk kapitaal.

B. De impact van GPT's in het verleden

We bekijken enkele GPT's van naderbij die worden geassocieerd met de industriële revoluties.

De stoommachine. De eerste industriële revolutie vond voornamelijk plaats in Groot-Brittannië en duurde ongeveer van 1760 tot 1830. De tot dan toe ongekende productiviteitsgroei die tijdens deze periode plaats vond, was grotendeels het resultaat van de diffusie van twee GPT's, de stoommachine en geautomatiseerde textielmachines. Vooral de stoommachine is een emblematische GPT voor de eerste industriële revolutie. Hoewel de uitvinding van de stoommachine dateert van de vroege jaren 1780, strekte de volledige ontwikkeling van de stoomkrachttech-

1. Met andere woorden, de duur tot aan adoptie van de nieuwe technologie van een individu is normaal verdeeld.

nologie zich uit over de daaropvolgende 70 jaar; via de motoren met hoge druk in 1800 tot de automatische variabele afsluiter in 1849.

De ontwikkeling van stoommotoren met hoge druk liet de verspreiding van stoomkracht toe in vele nieuwe toepassingen, in het bijzonder op het domein van transport. Omwille van de hoge druk van de motoren waren sterke materialen vereist en zodoende werden veel verbeteringen op het gebied van de metallurgie verwezenlijkt. Tijdens de eerste helft van de 19de eeuw werd waterkracht vervangen door de stoommotor als voornaamste bron van industriële energie. In het begin werkte stoom in de fabrieken die ontworpen waren voor waterkracht, maar later werden grotere fabrieken ontworpen om gebruik te maken van de schaalvoordelen van de stoommachine. Voordelen van locatie veranderden, aangezien fabrieken niet langer verbonden waren aan snelstromend water en omdat gebruik kon worden gemaakt van de spoorwegen. De totale hoeveelheid beschikbare energie in de industrie steeg drastisch in vergelijking met wateraangedreven fabrieken. Stoom liet de creatie van nieuwe producten, nieuwe productietechnieken en nieuwe industrieën toe. De stoommotor verving paarden al gauw voor lange afstanden over land en verving vervolgens het zeil op zee.

Elektriciteit. De tweede industriële revolutie, die ongeveer duurde van 1870 tot 1914, vond gelijktijdig plaats in Europa en de Verenigde Staten. Ze was deels het resultaat van de diffusie van twee andere GPT's, elektriciteit en de interne verbrandingsmotor, samen met andere belangrijke innovaties. Elektriciteit is de symbolische GPT van de tweede industriële revolutie. De dynamo, die mechanische kracht omzet in elektriciteit, werd uitgevonden in 1831 en de moderne elektriciteitsindustrie begon in de jaren 1880. Het duurde echter nog decennia alvorens de industriële processen waren aangepast aan deze nieuwe technologie en pas in de jaren 1920 werd de impact op de productiviteit zichtbaar in de Verenigde Staten.

De trage diffusie van elektriciteit was te wijten aan omstandigheden langs de *vraagzijde*, meer bepaald dat het onrendabel was om bestaande fabrieken te vervangen, ook al draaiden die nog op energie afgeleid van water en stoom. Het naast elkaar bestaan van oude en nieuwe vormen van kapitaal vormde vaak een belemmering om maximaal gebruik te maken van het potentieel van elektriciteit. Voor de jaren 1920 bleef de zogenaamde "groepsaandrijving" gebruikelijk binnen fabrieken, waarbij een elektrische motor een reeks verwante machines aandreef. De jaren 1920 kenden vervolgens een heel gunstig investeringsklimaat, wat bedrijven toeliet om over te schakelen naar de "eenheidsaandrijving" waarbij individuele elektrische motoren werden gebruikt voor alle soorten machines. De eenheidsaandrijving liet niet alleen besparingen toe onder de vorm van energie-efficiëntie, maar leidde ook tot de bouw van fabrieksgebouwen zonder verdiepingen en met een lineaire indeling. De machines konden hierdoor efficiënter geplaatst worden, zodat de materialen op een snellere en betrouwbaardere manier werden verwerkt. Pas toen deze herstructureringen compleet waren, werd het volledig potentieel van elektrische energie gerealiseerd. De geautomatiseerde assemblagelijijn van Henry Ford is een bekend voorbeeld van het resultaat van deze aanpassingen (David, 2001, pp. 54-55).

Dat het gebruik van elektriciteit na een trage initiële diffusie uiteindelijk op grote schaal doorbrak, was echter eveneens het resultaat van een tweetal *aanbodfactoren*: ten eerste de snelle efficiëntiewinsten in het opwekken van elektriciteit tijdens de jaren 1910. Dit gebeurde dankzij belangrijke investeringen in grote elektriciteits-

centrales, die de krachtbronnen van afzonderlijke fabrieken vervingen, en toelieten om schaalopbrengsten te realiseren. Vervolgens speelden ook politieke en institutionele veranderingen een rol; doordat de regulering van nutsbedrijven in de Verenigde Staten naar het nationaal vlak werd overgeheveld, werden investeringen in centraal bestuurd regionale netwerken ver-gemakkelijkt.

De diffusie van elektriciteit kan worden beschouwd als een belangrijk onderdeel van de oorsprong van de snelle productiviteitsgroei die duurde tot aan de jaren 1970. Elektriciteit werd zowel gebruikt in elektrisch licht als in de elektrische motor, die later ook leidde tot talloze toepassingen in duurzame consumptiegoederen zoals wasmachines, stofzuigers, ijskasten en strijkijzers. Ze voedde ook een voortdurende revolutie in communicatie, beginnend bij de telegraaf, via de telefoon, de radio, de televisie tot aan e-mail en het internet, en is eveneens een complementaire technologie voor de computer.

C. ICT in historisch perspectief

ICT hebben alle kenmerken van een GPT. Dat de hiervoor besproken GPT's een enorme en decennialange economische impact hadden, geeft steun aan een optimistische visie ten overstaan van de verdere diffusie van ICT en de economische impact op lange termijn. Niettemin moet worden opgepast voor veralgemening. De overgang naar een nieuw techno-economisch regime komt immers tot stand in overeenstemming met een aantal gelijklopende unieke historische ontwikkelingen, die mee bepalen hoe de bevorderende economische structuur zich aan de nieuwe technologie aanpast.

ICT als GPT. Reeds tot op heden hebben de ICT een grote ontwikkeling doorgemaakt, vooral op het vlak van rekencapaciteit en van mogelijkheden en snelheid van communicatie. Bovendien bieden de technologieën nog veel mogelijkheden voor innovatie. ICT zijn aanwezig in een groot en toenemend aantal toepassingen, van speelgoed tot medische apparatuur. De technologieën worden in meer of mindere mate gebruikt in de meeste sectoren van de economie. Tenslotte doen zich complementaire innovaties voor in een groot aantal producten, in het ontwerpen van producten, de productieprocessen en de organisatie van bedrijven. ICT voldoen dus aan de vier bovenvermelde criteria die een GPT kenmerken, namelijk ruimte voor verbetering, een grote variëteit van toepassingen, een breed bereik in de economie en complementariteit met bestaande of potentiële technologieën.

De economische impact. Als wordt geaccepteerd dat ICT een GPT is met dezelfde eigenschappen als de historische GPT's zoals stoom en elektriciteit, geeft dat blijk van een optimistische visie op de toekomstige vooruitgang en diffusie van ICT. Vervolgens stelt zich uiteraard de vraag of de analogie ook kan worden doorgetrokken naar de economische impact van deze technologieën. Vormen ICT de basis van een decennialange stijging in de productiviteitsgroei en de reële lonen? De economische impact van voorgaande GPT's geeft hier eveneens aanleiding tot optimisme. De meeste recente GPT's voor ICT hebben immers mee geleid tot periodes van welvaarts- en productiviteitsstijgingen die zo substantieel waren dat ze nu industriële revoluties worden genoemd.

Er is echter geen garantie dat iedere nieuwe technologie dezelfde impact heeft op de productiviteitsgroei. Sommige technologieën hebben een kleinere economi-

sche impact dan andere, aangezien de mate waarin een nieuwe technologie doordringt in de economie, en waarin de economische structuur wordt aangepast, geen noodzakelijke relatie hebben met de productiviteitswinsten die daardoor worden teweeggebracht. Men kan op basis van de vergelijking met voorgaande GPT's dan ook niet voorspellen dat de groei van ICT uiteindelijk tot een sterke en langdurige toename van productiviteitswinsten zal leiden.

Bovendien is het mogelijk dat de economische impact van ICT er op lange termijn in bestaat om een daling van de productiviteitsgroei te voorkomen in plaats van hem daadwerkelijk te verhogen. Zonder GPT zou de technologische vooruitgang immers langzaam verminderen, waarop de productiviteitsgroei uiteindelijk ook geleidelijk zou afnemen. Niet iedereen die gelooft in het belang van ICT is er dus van overtuigd dat ICT zal leiden tot een grote en langdurige stijging van de productiviteitsgroei. Er wordt bovendien nogal eens gezegd (bijvoorbeeld DeLong en Summers, 2001) dat ICT zich niet zozeer op macro-economisch als wel op micro-economisch vlak manifesteren.

De diffusie van ICT. De analogie tussen ICT en eerdere GPT's laat zelfs niet toe om de verdere diffusie van ICT in de toekomst te voorspellen. Niets garandeert dat het diffusiepad van ICT dat voor ons ligt een weerspiegeling is van dat van voorgaande gelijkaardige gebeurtenissen. Het onderliggende proces van de diffusie is immers afhankelijk van beslissingen in de private sector en van beleidsbeslissingen die nog genomen zullen worden, alsmede van de verwachtingen die door deze beslissingen gecreëerd zullen worden.

Wat kan men dan wél zeggen over de toekomst van ICT? Voor een langdurige heropleving van de productiviteitsgroei is de verdere diffusie van ICT noodzakelijk. Opdat de diffusie van ICT wordt voortgezet is het van belang dat de economische structuur verder wordt aangepast aan de ontwikkelingen in ICT. Uit de analogie tussen de diffusie van ICT en van voorgaande GPT's blijkt immers dat de diffusie een langdurig proces is dat niet automatisch verloopt. We bekijken kort enkele van de eerder vermelde elementen van die economische structuur.

De aanpassing van de economische structuur vereist ten eerste dat ICT belichaamd is in de kapitaaluitrusting. De diffusie van ICT-kapitaal heeft een hoge vlucht genomen dankzij de snelle relatieve prijsdalingen van computeruitrusting. De reële investeringen in ICT zijn enorm toegenomen sinds de late jaren 1990, vooral in de Verenigde Staten maar ook in België en in de meeste andere geïndustrialiseerde landen. Zodoende is de diffusie van ICT-kapitaal sneller gegaan dan deze van, bijvoorbeeld, de dynamo tijdens een vergelijkbare fase van diffusie.

Ten tweede zorgt een nieuwe GPT voor de nood aan de (om)vorming van menselijk kapitaal. Bij de elektrificatie van de industrie rees de behoefte aan arbeiders met een middelbaar schooldiploma, die vlug konden wennen aan een reeks routines en betrouwbaar waren voor de uitvoering ervan. Onderzoek van Bresnahan *et al.* (1999) wijst uit dat bedrijven enkel efficiëntiewinsten bereiken door de toepassing van ICT indien deze gepaard gaat met een groter aandeel hooggeschoolden. Dekkers (2002) wijst er op dat ondanks een sterke toename van het gemiddeld opleidingsniveau in België de vraag naar hooggeschoolden nog sterker is gestegen. Technologische verandering, en meer specifiek de vooruitgang in ICT, vormt de meest overtuigende verklaring van deze stijging in de vraag naar hoger opgeleiden (zie sectie V.D). Ze impliceert dat een tekort aan mensen met de nodige kennis en vaardigheden de diffusie van ICT op termijn ernstig kan belemmeren.

Ten derde zijn organisatorische innovaties in de onderneming nodig. Hoewel de ratio van prijs over performantie voor computeruitrusting enorm gedaald is tijdens sinds de introductie van de halfgeleider, ging dit niet altijd gepaard met evenredige kostenbesparingen van de gecomputeerde taken. Die beperkte besparing van middelen was deels tijdelijk, aangezien personal computers werden toegevoegd aan de capaciteit van de mainframes in plaats van die te vervangen, en zodoende onderbenut werden doordat ze als intelligente terminals werden gebruikt. Dit doet denken aan het begin van de elektrificatie van fabrieken, toen elektrische energie werd toegevoegd aan het groepsaangedreven systeem via assen en riemen en zodoende de kapitaalvoorraad verhoogde zonder de productiviteit te verbeteren (David en Wright, 1999). Recente studies op ondernemingsniveau duiden echter op het vermogen van ICT-investeringen om complementaire organisatorische investeringen mogelijk te maken, die vervolgens de productiviteit verhogen dankzij kostenbesparingen en een verbetering van de kwaliteit van de productie (Brynjolfsson en Hitt, 2000).

Ten slotte is het institutioneel kader van belang voor de diffusie van ICT, in het bijzonder wat betreft marktconcentratie. Hoewel ICT de concurrentie in de ICT-gebruikende sector lijken te verhogen, wordt de ICT-producerende sector - in het bijzonder de software-industrie - gekenmerkt door factoren die tot verhoogde concentratie leiden. Computers vormen knooppunten in netwerken, net als dynamo's, en beiden leiden daardoor tot netwerkeffecten die kunnen resulteren in positieve externaliteiten maar ook de nood aan standaarden met zich meebrengen. Netwerkexternaliteiten doen zich voor indien de individuele voordelen van een technologie of product verhogen naarmate het aantal gebruikers toeneemt. Een groot aandeel van de output in de ICT-producerende sector is bovendien gekenmerkt door immateriële producten, waarvan de productie wordt gekenmerkt door grote ontwikkelingskosten en zeer kleine reproductiekosten zodat ze leidt tot toenemende schaalopbrengsten. Zowel netwerkeffecten als toenemende schaalopbrengsten kunnen aanleiding geven tot marktconcentratie, wat het belang van het concurrentiebeleid onderlijnt.

D. Samenvatting

De ontwikkelingen van ICT en hun economische impact op lange termijn werd bekeken in het licht van gelijkaardige voorgaande radicale innovaties. Het concept van de GPT laat toe om een aantal vergelijkbare innovaties te identificeren en vervolgens hun economische impact in het verleden te bestuderen. Hoewel dit niet toelaat om deze historische gebeurtenissen zomaar door te trekken naar de toekomstige impact van ICT, geeft dit wel een optimistisch toekomstperspectief. Het wijst immers op de mogelijkheid van een sterke, langdurige heropleving van de economische groei via de productiviteitsgroei.

Tegelijkertijd wordt dit optimisme getemperd door de realisering dat we ons bevinden in een lange en moeizame overgang naar een nieuw techno-economisch regime. Hierbij kunnen een aantal voorwaarden worden onderscheiden die noodzakelijk zijn voor een verdere diffusie van ICT en bijgevolg voor de belangrijke economische impact van ICT die door velen verwacht wordt. Er werd gewezen op het belang van verdere vorming van menselijk kapitaal, van organisatorische verandering in de onderneming en het institutioneel kader.



Economische groei op lange termijn

Het doel van deze sectie is een theoretische achtergrond te geven voor de analyse van de impact van ICT op de groei van de toegevoegde waarde en de productiviteit. Zoals mag blijken uit sectie II vormen ICT een heel belangrijke technologische innovatie voor de economie. Groeitheorie biedt waardevolle inzichten met betrekking tot de relatie van ICT met de economische groei. Daarom worden de belangrijkste theoretische modellen van economische groei besproken en vergeleken, samen met hun voornaamste implicaties aangaande de rol van ICT in de groei.

Het vertrekpunt is het standaard neoklassieke model, dat bekend staat als het Solow-model. Dit model verklaart economische groei in termen van kapitaalaccumulatie en technische vooruitgang. Kapitaal en arbeid worden ingezet voor de productie van outputs, die kunnen worden geconsumeerd of geïnvesteerd. Investerings leiden tot een toename van de hoeveelheid kapitaal per eenheid van de arbeidsinput, die ook wordt aangeduid als de kapitaalintensiteit. Aangezien kapitaal echter wordt gekenmerkt door afnemende meeropbrengsten, bereikt de accumulatie van kapitaal per eenheid arbeid uiteindelijk een stationaire staat of “steady state”. Wanneer die steady state precies wordt bereikt, hangt af van de spaarquote, de groei van de beschikbare arbeid en de depreciatievoet van de kapitaalluitrusting. Niettemin impliceert het Solow-model dat de economische groei op korte termijn zowel van de kapitaalaccumulatie als van de technische vooruitgang afhangt, terwijl de groei op lange termijn uitsluitend wordt gedreven door exogene technische vooruitgang.

Het neoklassieke model vindt een belangrijke toepassing in de groeiboekhouding, die een decompositie van de productiviteitsgroei toelaat in termen van de toename in kapitaalintensiteit en verbeteringen in de kwaliteit van de arbeid, en de technologische vooruitgang die residueel wordt gemeten. De meting van de arbeid- en kapitaalinput zijn doorheen de jaren sterk verfijnt, waardoor de meting van het Solow-residu eveneens verbeterde. Met deze verbeteringen heeft het neoklassieke model de groeitheorie gedomineerd vanaf de jaren 1960 tot het midden van de jaren 1980.

Sinds het midden van de jaren 1980 heeft het neoklassieke model zijn aantrekkingskracht echter zien achteruitgaan, omwille van de ontevredenheid met het neoklassieke resultaat dat langetermijngroei, die voortkomt uit technologische vooruitgang, niet intern verklaard wordt maar integendeel exogeen is in het model. Om de technische vooruitgang te endogeniseren, veronderstelden de vroege endogene groei- of nieuwe groei modellen dat kapitaal niet wordt gekenmerkt door afnemende meeropbrengsten. De hoofdgedachte voor het verlaten van de afnemende meeropbrengsten van kapitaal is de aanwezigheid van externaliteiten. Recentere modellen veronderstellen daarentegen een monopolistisch concurrentiële marktstructuur als basis voor endogene groei. Dit laat immers toe

om innovatie te verklaren doordat innoverende ondernemingen kunnen worden vergoed voor hun investering in nieuwe kennis.

Een centraal thema dat de theoretische groei modellen met elkaar verbindt, is de natuur van technologie. Afhankelijk van de visie op technologie kunnen zeer verschillende conclusies worden getrokken. In het Solow-model is technologie een publiek goed, dat niet-rivaal en niet-uitsluitbaar is. Omdat uitvindingen niet-uitsluitbaar zijn, wordt de productie van nieuwe technologie niet verklaard in het model. Dit kan worden beschouwd als een extreem standpunt, met als tegenpool het zogenaamde AK-model. In het AK-model wordt technologie beschouwd als een rivale productiefactor. De meer gesofisticeerde nieuwe groei modellen zijn gesitueerd tussen deze twee extremen. Ze beschouwen technologie immers als een niet-rivaal goed dat wel uitsluitbaar is, zodat de stimulans voor de productie van technologie gemodelleerd kan worden.

De rest van deze sectie is als volgt gestructureerd. Het standaard Solow-model wordt voorgesteld in paragraaf III.A. Paragraaf III.B bespreekt de groei boekhouding en de neoklassieke extensies die een betere meting van de determinanten van de productiviteitsgroei tot doel hebben. Paragraaf III.C richt zich op de endogene groeitheorie en in paragraaf III.D volgen enkele besluiten. Iedere paragraaf eindigt met een bespreking van de belangrijkste implicaties van ICT voor de economische groei.

A. Neoklassieke groeitheorie

Deze paragraaf omvat drie delen. Ten eerste wordt de theorie van het Solow-model geschetst, waarbij belangrijke terminologie wordt geïntroduceerd. Vervolgens wordt gewezen op enkele aanpassingen van het standaard neoklassieke model. Ten slotte worden de implicaties van het Solow-model met betrekking tot de impact van ICT op de groei benadrukt.

1. Solow-model

Het neoklassieke basisgroei model werd geformaliseerd door Solow (1956, 1957). Het sleutelkenmerk van dit model is zijn neoklassieke productiefunctie. Productie is gekenmerkt door constante schaalopbrengsten, afnemende meeropbrengsten van de productiefactoren arbeid en kapitaal en een marginaal product van beide factoren dat nul (oneindig) benadert naarmate de factoren naar oneindig (nul) gaan. Terwijl groei van de arbeidsinput exogeen is, wordt kapitaalgroei gedreven door investeringen, die gelijk zijn aan de besparingen in een gesloten economie. Er wordt een constant percentage van de productie gespaard. Omwille van de afnemende meeropbrengsten van kapitaal is een centraal resultaat van het model dat kapitaalaccumulatie enkel op korte termijn zorgt voor outputgroei. Op lange termijn is de groei gedreven door de exogene technologische vooruitgang. Deze ideeën kunnen als volgt geformaliseerd worden.

Veronderstel dat er slechts één sector in de economie is, waar een homogeen goed wordt geproduceerd. De geaggregeerde homogene productiefunctie is:

$$Y_t = F(K_t, L_t, A_t), \tag{1}$$

waar Y_t staat voor het bruto binnenlands product (bbp),¹ dat een functie van drie inputs is. Ten eerste is de inputfactor kapitaal, K_t , de uitkomst van een andere productiefunctie. In het standaard Solow-model wordt de kapitaalinput eenvoudigweg gegeven door de kapitaalgoederenvoorraad, omdat er een homogeen kapitaalgoed wordt verondersteld. In de volgende paragraaf is de kapitaalinput echter een aggregaat van de productieve diensten van heterogene kapitaalgoederen. In het algemeen is K_t dus een stroom van productieve kapitaal-diensten, enkel als er sprake is van een homogeen kapitaalgoed is er geen betekenisvol onderscheid tussen de kapitaalgoederenvoorraad en de productieve diensten van deze voorraad.

Box 1: Terminologie

Wat betreft terminologie beschreef Griliches (1987) *technologie* als “the currently known ways of converting resources into outputs desired by the economy”. De begrippen *technologie* en *kennis* worden vaak en ook in deze tekst als onderling verwisselbaar beschouwd. Hoewel kennis algemener klinkt dan *technologie*, is de kennis die relevant is voor de economische groei ook de kennis die het best wordt omschreven als *technologie*. Of, zoals de OESO (2001, p. 121) het formuleert, *technologie* is “the state of knowledge concerning ways of converting resources into outputs”. Het loont de moeite om het concept van *technologie* in meer detail te bekijken, omdat het een cruciaal onderscheid vormt tussen het neoklassieke model en de nieuwe groeimodellen besproken in paragraaf III.C en daarom als een rode draad doorheen de groeitheorie loopt.

Volgens David Romer (1996) kan het best aan kennis worden gedacht als een continuum van verschillende types kennis: van het zeer abstracte, bijvoorbeeld het theorema van Pythagoras, tot het zeer toegepaste, bijvoorbeeld de kennis hoe men een bepaalde grasmaaier kan starten op een koude ochtend. Cruciale kenmerken van *technologie* zijn echter de dimensies rivaal versus niet-rivaal en uitsluitbaar versus niet-uitsluitbaar. Een goed is *niet-rivaal* in consumptie als het genot van de voordelen van dat goed door een persoon geen invloed hebben op het iemand anders' consumptie van het goed. Dit is bijvoorbeeld het geval met kabeltelevisie. Een *niet-uitsluitbaar* goed is een goed waarvoor het onmogelijk of extreem duur is om niet-betalers van consumptie uit te sluiten. Niet-excludeerbare goederen kunnen zowel rivaal als niet-rivaal zijn. In beide gevallen kunnen de goederen via eigendomsrechten worden verplaatst op de schaal van niet-uitsluitbaar naar uitsluitbaar. Het hierbovenvermelde theorema is bijvoorbeeld niet-rivaal en niet-uitsluitbaar. Een goed dat zowel niet-rivaal als niet-uitsluitbaar is, wordt een *publiek goed* genoemd.

De concepten exogeniteit en endogeniteit staan hiermee in verband. Een model heeft een aantal variabelen die endogeen zijn in het model een aantal variabelen die exogeen zijn. De *endogene* variabelen zijn de modelvariabelen die elkaar onderling beïnvloeden. De *exogene* of autonome variabelen beïnvloeden de modelvariabelen eveneens maar worden er zelf niet door beïnvloed.

Ten tweede wordt de factor arbeid, L_t , gegeven door het totaal aantal gewerkte uren per periode, in de veronderstelling dat iedere arbeider even productief is tijdens die uren. Het concept van de arbeidsinput wordt in de volgende paragraaf opnieuw aangepast om de stroom van heterogene productieve arbeidsdiensten te meten.

1. In het vervolg van de tekst wordt naar Y_t verwezen met de termen bbp, output of toegevoegde waarde, want deze concepten kunnen als equivalent worden beschouwd in de geaggregeerde economie.

Ten derde is A_t het niveau van de technologie, die exogeen is in het model. In tegenstelling tot arbeid en kapitaal, die rivale goederen zijn, is de technologie een niet-rivale en niet-uitsluitbare productiefactor.

Technologie wordt in het Solow-model dus beschouwd als een publiek goed. Het is niet moeilijk om akkoord te zijn dat technologie niet-rivaal is, maar de niet-uitsluitbaarheid van technologie is niet even voor de hand liggend. Niet-uitsluitbaarheid van technologie betekent immers dat uitvinders geen winst maken met hun uitvinding, of zelfs de investering die tot de uitvinding leidde kunnen terugverdienen, omdat zodra iets is uitgevonden het algemeen bekend is en door iedereen kan worden toegepast of gebruikt (men spreekt soms van *mana uit de hemel*). Het feit dat uitvinders in het Solow-model niet gecompenseerd worden voor hun uitvinding volgt uit de assumptie van perfecte concurrentie, waardoor alle compensatie toekomt aan de productiefactoren arbeid en kapitaal. Vandaar is er geen stimulans om te innoveren in het Solow-model: uitvindingen vinden “gewoon” plaats en technische vooruitgang is met andere woorden exogeen in het model. Zoals verderop wordt besproken, is dit de grootste kritiek op het neoklassiek model.

De neoklassieke productiefunctie veronderstelt een afnemend marginaal product van de rivale productiefactoren, oftewel $F_K, F_L > 0$ en $F_{KK}, F_{LL} < 0$, waar F_X de eerste-orde partiële afgeleide van F naar de input X_t ($X_t = K_t, L_t$) is en F_{XX} de tweede-orde partiële afgeleide van F naar dezelfde input is. Bovendien houden de Inada-voorwaarden bij veronderstelling. Deze voorwaarden vereisen dat het marginaal product van elke rivale input oneindig (nul) benadert naarmate de input naar nul (oneindig) gaat.

De productiefunctie is gekenmerkt door constante schaalopbrengsten van zijn rivale inputs, wat betekent dat $F(\lambda K_t, \lambda L_t, A_t) = \lambda Y_t$ voor alle λ .¹ De productie kan daardoor worden uitgedrukt in *intensieve vorm* oftewel als productie per gewerkt uur:

$$y_t = f(k_t, A_t), \quad (2)$$

waar kleine letters staan voor de variabele per gewerkt uur: $x_t = X_t/L_t$. Het argument $1 = L_t/L_t$ is weggelaten. De toegevoegde waarde per gewerkt uur is gedefinieerd als de gemiddelde *arbeidsproductiviteit*, terwijl het beschikbaar kapitaal per gewerkt uur bekend staat als de *kapitaalintensiteit*.

De economie is gesloten bij veronderstelling en de publieke sector wordt buiten beschouwing gelaten. De productie kan langs de vraagzijde dus worden gespaard of geconsumeerd, wat betekent dat $Y_t = C_t + I_t$, waar C_t consumptie is en I_t investeringen. Als de kapitaalgoederen depreciëren tegen een constante depreciatievoet $\delta > 0$, worden de investeringen gegeven door $I_t = \dot{K}_t + \delta K_t$, zodat $Y_t = C_t + \dot{K}_t + \delta K_t$, waar een punt op een variabele zijn afgeleide naar de tijd aanduidt: $\dot{K}_t \equiv dK/dt$. Een kenmerk van het Solow-model is de exogene spaarquote $0 \leq s \leq 1$, die de fractie van de productie weergeeft die gespaard wordt. Dit leidt tot:

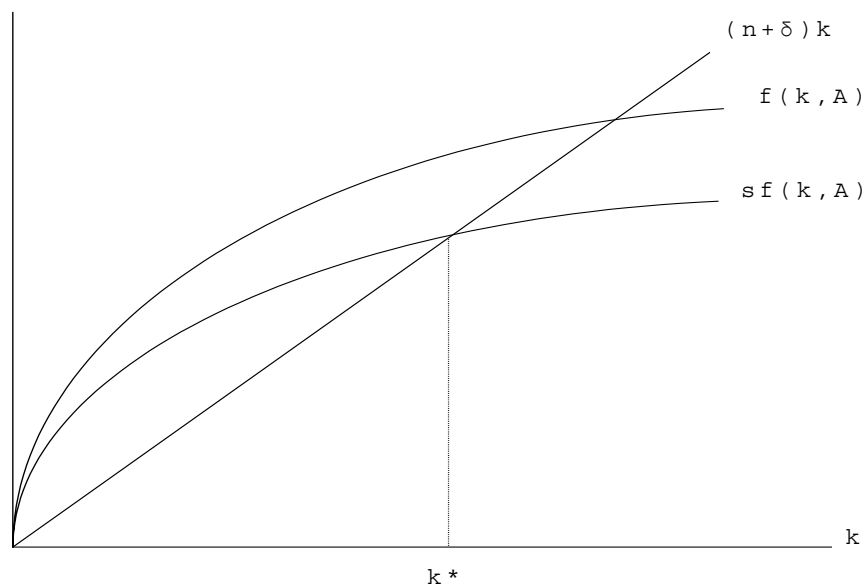
$$\dot{K}_t = sF(K_t, L_t, A_t) - \delta K_t. \quad (3)$$

1. De assumptie van constante schaalopbrengsten is niet essentieel maar laat een aanzienlijke vereenvoudiging toe.

In per-uur termen, wordt deze uitdrukking $\dot{K}_t/L_t = sf(k_t, A_t) - \delta k_t$. De linkzijdige van deze vergelijking kan worden herschreven, gebruikmakend van de afgeleide $\dot{k}_t = (\dot{K}_t/L_t - \dot{L}_t/K_t)/L_t^2 = (\dot{K}_t/L_t) - (\dot{L}_t/L_t)k_t$. Indien een exogene en constante groeivoet van de arbeidsinput, $\dot{L}_t/L_t = n$, wordt verondersteld, kan dit worden geschreven als $\dot{k}_t = (\dot{K}_t/L_t) - nk_t$. Door dit samen te brengen, wordt verkregen dat:

$$\dot{k}_t = sf(k_t, A_t) - (n + \delta)k_t. \quad (4)$$

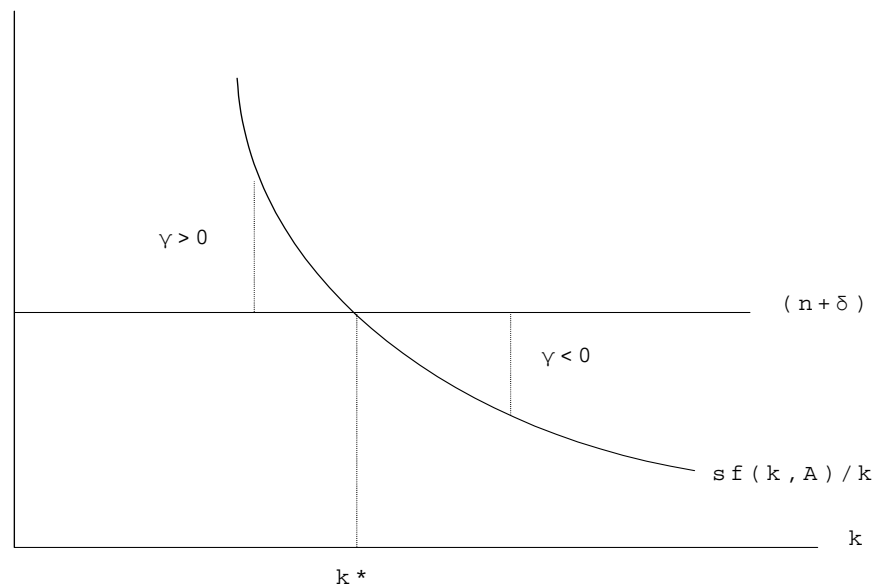
FIGUUR 1 - Het Solow-model



De groei van de kapitaalintensiteit blijkt bepaald te worden door de productiefunctie en door drie exogene parameters: de spaarquote, groeivoet van de bevolking en de depreciatievoet van de kapitaalvoorraad. Met de neoklassieke productiefunctie impliceert (4) dat de groei van de kapitaalintensiteit een stationaire staat of “steady state”, k^* , bereikt, waar de investeringen net volstaan om de toename van de arbeidsinput en het verlies van kapitaal ten gevolge van depreciatie op te vangen. Dit wordt duidelijk uit figuur 1, waar k^* het beschikbare kapitaal per arbeidsinput in de steady state weergeeft. Als $k < k^*$ overtreffen de investeringen de achteruitgang van de kapitaalintensiteit door depreciatie en bevolkingsgroei, waardoor de kapitaalintensiteit toeneemt. Als daarentegen $k > k^*$, gebeurt het omgekeerde en wordt de groei van de kapitaalintensiteit negatief.¹

1. Vanuit analytisch oogpunt wordt altijd een steady state bereikt in het Solow-model dankzij de Inada-voorwaarden, die in termen van figuur 1 garanderen dat de investeringscurve de rechte kruist die de proportie van kapitaal per eenheid arbeid beschrijft die door depreciatie en groei van de factor arbeid verloren gaat.

FIGUUR 2 - Dynamiek van het Solow-model



Door de beide zijden van vergelijking (4) te delen door k_t wordt de groeivoet van de factor kapitaal bekomen:

$$\gamma_t \equiv \frac{\dot{k}_t}{k_t} = s \frac{f(k_t, A_t)}{k_t} - (n + \delta). \quad (5)$$

Zoals figuur 2 duidelijk maakt, is de groeivoet van het kapitaal per eenheid arbeid, γ_t , groter naarmate de kapitaalintensiteit verder verwijderd is van zijn steady state-niveau. Deze observatie geeft aanleiding tot de voorspelling van *conditionele convergentie*, dat wil zeggen convergentie relatief tot de steady state: als alle overige parameters constant zijn, zullen landen met een kleine kapitaalintensiteit sneller groeien dan landen met een hoge kapitaalintensiteit, waardoor de minder ontwikkelde landen hun achterstand wegwerken. Dit is een belangrijke voorspelling om het model te testen en heeft inderdaad een empirisch debat doen ontstaan. Oorspronkelijk werd de hypothese getest op een steekproef van wel 118 landen, die ze leek te verwerpen.¹ Omdat het model echter geen absolute maar conditionele convergentie voorspelt, werd de convergentiepropositie getest op steekproeven van gelijkaardige landen (bijvoorbeeld de OESO-landen) en bewees inderdaad te houden voor zulke steekproeven.

De *convergentiesnelheid* kan worden berekend aan de hand van een log-linearisatie van vergelijking (5) rond de steady state, zoals besproken door Barro en Sala-i-Martin (1992). Deze berekening toont aan dat de convergentiesnelheid omgekeerd evenredig is met het inkomensaandeel van kapitaal. Een klein aandeel van kapitaal in het totaal inkomen impliceert dus een hogere convergentiesnelheid. Omdat de geobserveerde convergentiesnelheid langzamer is dan de snelheid die deze benadering suggereert, kan worden besloten dat het Solow-model wel kwalitatief maar niet kwantitatief consistent is met de gegevens.

1. Deze steekproef is gebaseerd op de gegevens van R. Summers en A. Heston (1993), Penn World Table, Mark 5.5.

2. Uitbreidingen

De conclusies van het standaard Solow-model die tot hiertoe werden besproken, kunnen veranderen door het gebruik van afwijkende productiefuncties. De meest gangbare productiefunctie die overeenkomt met alle neoklassieke assumpties is de Cobb-Douglas productiefunctie. Deze is van de vorm:

$$F(K_t, L_t, A_t) = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha}, \quad (6)$$

of in intensieve vorm:

$$f(k_t, A_t) = Ak_t^\alpha. \quad (7)$$

Andere productiefuncties kunnen echter leiden tot andere besluiten. Sala-i-Martin (2000) overweegt bijvoorbeeld een economie met twee sectoren, een traditionele sector en een industriële sector. De productie in iedere sector is gekenmerkt door een Cobb-Douglas productiefunctie, maar omdat de industrie een groter marginaal product van kapitaal heeft voor elke mogelijke hoeveelheid van de productiefactoren, en omdat ze te maken heeft met een grote vaste kost per arbeider, kruist de productiefunctie van de industrie die van de traditionele sector. Dit resulteert in een geaggregeerde productiefunctie met twee pieken (dus niet neoklassiek) die aanleiding geeft tot drie mogelijke steady states. De middenste steady state is echter onstabiel, wat impliceert dat de economie vast kan blijven zitten in de laagste steady state (de zogenaamde *armoedeval*).¹

Een specifiek kenmerk van het Solow-model is de exogene spaarquote. Het sparen wordt echter geëndogeniseerd in het Ramsey-Cass-Koopmans (RCK)-model, dat zijn basismethode te danken heeft aan Ramsey (1928) en werd verfijnd door Cass (1965) en Koopmans (1965). In the RCK-model is sparen het resultaat van het optimaliserend gedrag van consumenten en ondernemingen die op concurrerende markten handelen. Meer specifiek kiezen consumenten hoeveel zij sparen en consumeren om hun dynastisch nut te maximaliseren, onder de voorwaarde van een intertemporele budgetbeperking.² Het standaard Solow-model blijkt een speciaal geval van het RCK-model te zijn; evenwicht komt namelijk overeen met de gelijkheid:

$$\dot{k}_t = f(k_t, A_t) - c_t - (n + \delta)k_t, \quad (8)$$

dat gelijk is aan het resultaat in vergelijking (4) onder de redelijke assumptie dat consumptie per gewerkt uur gelijk is aan $c_t = (1 - s)f(k_t, A_t)$. Het Solow-model kan daarom als een goede benadering van het rigoureuzere RCK-model worden beschouwd.

De belangrijkste kritiek aan het adres van het neoklassieke groeimodel blijft echter dat technologische vooruitgang exogeen is in het model. Daardoor verklaart het model de economische groei op lange termijn niet echt, behalve de stelling dat technologische verbeteringen onontbeerlijk zijn voor de groei op lange termijn.

-
1. Murphy *et al.* (1989) tonen de mogelijkheid van gelijkaardige vallen waarin de kapitaalvoorraad terecht kan komen, in een meersectorenmodel met toenemende schaalopbrengsten in de industriële sector.
 2. Een dynastische nutsfunctie heeft het nut van de volgende generatie als argument, bijvoorbeeld $u_t = u(c_t, u_{t+1})$, voor generatie t .

Deze tekortkoming gaf aanleiding tot de ontwikkeling van endogene groei modellen of nieuwe groei modellen.

3. Belangrijkste implicaties van ICT

Zoals figuren 1 en 2 samenvatten, voorspelt het Solow-model dat een economie groeit door de accumulatie van kapitaal per eenheid arbeid tot de steady state bereikt is. Een daling van de groei van de arbeidsinput of van de depreciatievoet zou tijdelijk de groeivoet van het beschikbaar kapitaal doen toenemen door het steady state-niveau van het kapitaal te verhogen. Op lange termijn, wanneer de steady state is bereikt, is er echter slechts een manier waarop de economie kan blijven groeien, namelijk door toename van het niveau van de technologie. In figuur 2 zou een positieve technologieschok - een stijging van A_t - de $sf(k_t, A_t)/k_t$ -curve doen wegschuiven van de oorsprong, daarbij zorgend voor een verhoging van het steady state-niveau van kapitaal. Enkel door continue verbeteringen in de technologie is er dus mogelijkheid tot voortdurende per capita economische groei.

Hier zijn twee opmerkingen van toepassing in verband met de impact van ICT op de economische groei. Ten eerste leidt de identificatie van vooruitgang in ICT als een eenmalige stijging van de technologie, A_t , tot een toename van het niveau van de productie, zonder implicaties voor de groeivoet van de productie op lange termijn. De technologieschok geeft aanleiding tot een toename van de steady state van het kapitaal per eenheid arbeid. Hierdoor verhoogt de groeivoet van de kapitaalintensiteit, aangezien de afstand tussen het geobserveerde niveau en het steady state-niveau is toegenomen. Naarmate deze afstand opnieuw kleiner wordt, keert de groeivoet van de kapitaalintensiteit echter terug naar nul. Opdat ICT een permanente invloed op de economische groeivoet kunnen hebben, moeten ze telkens nieuwe innovaties blijven opwekken.

Ten tweede zijn de gevolgen van een verandering in de depreciatievoet van belang voor de impact van ICT op de groei. Omdat ICT-kapitaalgoederen immers een relatief korte levensduur en bijgevolg een hoge depreciatievoet hebben, doet het groeiend aandeel van dit type kapitaalgoederen in de totale investeringen de $(n + \delta)$ -curve in figuur 2 omhoogschuiven. Als de economie zich initieel in haar steady state bevond, wordt de steady state van het kapitaal per eenheid arbeid verlaagd en de groeivoet van het kapitaal per arbeidsinput wordt negatief totdat de nieuwe steady state bereikt is. De toename van de depreciatievoet en de stijging van het niveau van de technologie, die de vooruitgang in ICT teweegbrengt, hebben een tegengesteld effect op het steady state-niveau van kapitaal per arbeid. Hoewel het totaal effect niet van te voren is te bepalen, lijkt het positief effect echter dominant.

B. Groeiboekhouding

Alvorens de verschillende nieuwe groei modellen te bespreken die het neoklassieke model hebben uitgedaagd, concentreert deze paragraaf zich op de groeiboekhouding, die ook wordt aangeduid als groeidecompositie of Solow-decompositie van de groei in de productie of de productiviteit. De groeiboekhouding is gepioneerd door Abramovitz (1956) en Solow (1957). De on-

derliggende theorie is direct afgeleid van het Solow-groei-model en laat toe om het aandeel van de economische groei te kwantificeren dat voortvloeit uit de groei van K_t , L_t of A_t . Hoewel op lange termijn de per capita outputgroei enkel afhangt van de technische vooruitgang, kan de groei op korte termijn immers het gevolg zijn van zowel technische verbeteringen als kapitaalaccumulatie. De groeiboekhouding wordt in groter detail besproken omdat het de meest gebruikte methode is om de impact van ICT op de productiviteitsgroei te meten.

Bovendien is de bespreking van de Solow-decompositie relevant in de bredere context van de studie van economische groei. Er zijn twee reacties tegen de kritiek op de exogene technische verandering in het Solow-model: enerzijds wordt de theorie ter zijde geschoven en wordt gezocht naar een alternatief dat technische vooruitgang verklaart. Dit leidt tot de endogene groeitheorie. Anderzijds worden de beperkingen van het Solow-model om technische vooruitgang te verklaren echter ook aanvaard, en wordt in plaats daarvan geconcentreerd op de groeiboekhouding als een nuttig instrument voor het meten van technische verandering. Dit pad volgend is een literatuur ontstaan over de verbetering van de empirische meting van de factorinputs, die werd geïnitieerd door Jorgenson en Griliches (1967). De voornaamste bevindingen van deze literatuur worden eveneens in deze paragraaf besproken. Stiroh (2001) wijst er op dat beide strekkingen kunnen helpen om de impact van ICT op de economische groei te verklaren dankzij de complementaire benadering van de neoklassieke en de nieuwe groeitheorieën.

1. Verband met het Solow-model

Terugkerend naar de productiefunctie gedefinieerd in vergelijking (1), wordt met het oog op een decompositie van de groei gewoonlijk verondersteld dat de technologie *Hicks-neutraal* is. Met dit type technologie neemt de productiefunctie de volgende vorm aan:¹

$$Y_t = A_t F(K_t, L_t), \quad (9)$$

In deze context wordt naar A_t gerefereerd als zijnde de *totale factorproductiviteit* (TFP) en de groeivoet van de TFP, $g_t \equiv \dot{A}_t / A_t$, wordt vaak het *Solow-residu* genoemd. Net zoals de arbeidsproductiviteit, een zogenaamde enkele factorproductiviteitsmaat, is gedefinieerd als de ratio van de output en de arbeidinput, is de TFP gedefinieerd als de ratio van de output en alle inputs, zoals vergelijking (9) illustreert.²

-
1. Technologie kan ook arbeidsverbeterend of *Harrod-neutraal* zijn, waardoor de productiefunctie de volgende vorm krijgt: $Y_t = F(K_t, A_t L_t)$. Merk op dat in dat geval de resultaten in paragraaf III.A eenvoudig kunnen worden aangepast. Door de variabelen te vermenigvuldigen met de factor $1/A_t L_t$ in plaats van $1/L_t$, wordt iedere variabele uitgedrukt per eenheid *effectieve arbeidinput*. Laat zulke variabelen worden aangeduid met een hoedje, dan is het snel geverifieerd dat het equivalent van vergelijking (4) de groeivoet van de technische vooruitgang, g_t , zal bevatten als volgt: $\hat{k}_t = sf(\hat{k}_t) - (n + \delta + g_t)\hat{k}_t$. Dit betekent dat \hat{k}_t nu groeit aan de exogene groeivoet g_t in de steady state.
 2. De term *multifactorproductiviteit* (MFP) wordt soms als synoniem gebruikt voor TFP. De term MFP klinkt bescheidener aangezien hij suggereert dat rekening werd gehouden met meerdere maar niet per se alle factoren, terwijl TFP doet uitschijnen dat alle factoren in de berekening zijn opgenomen. Dit onderscheid wordt echter enkel relevant wanneer de mogelijkheid van andere productiefactoren - bijvoorbeeld menselijk kapitaal - de kop opsteekt. Met andere woorden wordt het onderscheid tussen TFP en MFP doorgaans enkel gemaakt door degenen die betrokken zijn bij de meting van het residu en blijft de term TFP het wijdst verspreid.

Differentiatie van vergelijking (9) naar de tijd geeft:

$$\dot{Y}_t = \dot{A}_t F(K_t, L_t) + A_t F_K \dot{K}_t + A_t F_L \dot{L}_t, \quad (10)$$

en wordt na deling door Y_t :

$$\frac{\dot{Y}_t}{Y_t} = g_t + \frac{A_t F_K K_t \dot{K}_t}{Y_t K_t} + \frac{A_t F_L L_t \dot{L}_t}{Y_t L_t}. \quad (11)$$

Als ondernemingen worden geconfronteerd met concurrentiële product- en factormarkten, worden de factors in evenwicht vergoed tegen hun marginaal product, zodat $A_t F_K = r_t$ (de gebruikerskost van kapitaal) en $A_t F_L = w_t$ (het loon van arbeid). Na substitutie van de marginale producten kan (11) worden herschreven in termen van het Solow-residu als volgt:

$$g_t = \frac{\dot{Y}_t}{Y_t} - s_{Kt} \frac{\dot{K}_t}{K_t} - s_{Lt} \frac{\dot{L}_t}{L_t}, \quad (12)$$

waar $s_{Kt} = r_t K_t / Y_t$ staat voor het inkomensaandeel van kapitaal en $s_{Lt} = w_t L_t / Y_t$ voor het inkomensaandeel van arbeid. Het product van het inkomensaandeel van de productiefactor kapitaal of arbeid en de groei van de productiefactor is de *bijdrage* van deze factor aan de groei van de toegevoegde waarde. Dankzij de constante schaalopbrengsten volgt dat $s_{Kt} + s_{Lt} = 1$. Vandaar is:

$$g_t = \left(\frac{\dot{Y}_t}{Y_t} - \frac{\dot{L}_t}{L_t} \right) - s_{Kt} \left(\frac{\dot{K}_t}{K_t} - \frac{\dot{L}_t}{L_t} \right). \quad (13)$$

Vergelijking (13) stelt dat het Solow-residu bestaat uit de groei van de gemiddelde arbeidsproductiviteit min de groeibijdrage van de kapitaalintensiteit.

Onder de neoklassieke assumpties geeft het Solow-residu de zogenaamde *niet-belichaamde* technische vooruitgang weer: de toename in de efficiëntie van het productieproces. Als de neoklassieke assumpties echter niet gelden, hetzij omwille van het bestaan van imperfecte concurrentie, externaliteiten of niet-constant schaalopbrengsten, kan dit leiden tot vertekening van het Solow-residu. Bovendien wordt het Solow-residu ook verkeerd gemeten als gevolg van weggelaten inputfactoren, cyclische fluctuaties en reallocatie-effecten, aangezien het residueel gemeten wordt. Het residu neemt ook alle metingsfouten op die geassocieerd zijn met de groeivoeten van de productiefactoren en de inkomensandelen van de factoren.

Omdat het Solow-residu erg gevoelig is voor metingsfouten, is een enorme inspanning verricht om de meting van de factoren aan de rechterzijde van vergelijkingen (12) en (13) te verbeteren. Deze productiefactoren zijn in de eerste plaats de stroom van heterogene kapitaaldiensten en arbeiddiensten. Bovendien kunnen een aantal andere productiefactoren uit het Solow-residu worden gehaald in zoverre de beschikbare gegevens dit toelaten. Naast kapitaal- en arbeiddiensten gaat de grootste interesse uit naar het menselijk kapitaal, onderzoek en ontwikkeling en het publiek kapitaal. De meting van de productiefactoren wordt in de rest van deze paragraaf besproken.

2. Kapitaal- en arbeiddiensten

In het standaard Solow-model wordt verondersteld dat de kapitaalinput bestaat uit een homogeen goed. Het concept van *kapitaaldiensten*, de stroom van productieve diensten die uitgaat van een bepaald kapitaalgoed, houdt rekening met de heterogeniteit van kapitaalgoederen met betrekking tot hun marginaal product. Bijvoorbeeld, de productieve diensten per periode van een euro besteed aan een nieuwe computer kan groter zijn dan deze besteed aan een nieuw gebouw.¹ Door rekening te houden met de verschillen in productieve diensten wordt substitutie tussen types kapitaalgoederen toegelaten. De bijdrage van bijvoorbeeld ICT-kapitaal in de groeibijdrage van de totale kapitaalinput is groter in termen van productieve diensten dan in termen van de kapitaalgoederenvoorraad, aangezien ICT-goederen relatief grote productieve diensten leveren.² Indien de productieve diensten van kapitaalgoederen niet worden gemeten, wordt dit substitutie-effect naar het Solow-residu verbannen.

Omdat het moeilijk is om de productieve diensten van een kapitaalgoed te kwantificeren, worden doorgaans verondersteld dat deze diensten in een vaste verhouding tot de fysieke voorraad van het kapitaalgoed staan.³ Daardoor is er geen onderscheid tussen de groei van de voorraad en van de productieve diensten van een enkel homogeen kapitaalgoed. Het verschil treedt echter op bij het toekennen van de waarde aan de hoeveelheid goederen en aan de diensten die deze goederen leveren. Terwijl de voorraad van een kapitaalgoed wordt gewaardeerd aan de hand van de aankoopprijs, geeft de *gebruikerskost* of *huurprijs* van dit kapitaalgoed de waarde weer van de productieve diensten die dit kapitaalgoed levert. Indien markten concurrentieel en in evenwicht zijn, weerspiegelt de gebruikerskost het marginaal product van het kapitaalgoed.⁴

Het verschil tussen de kapitaalgoederenvoorraad en de kapitaaldiensten van die voorraad wordt pas van belang bij de aggregatie van de voorraden of diensten van verschillende types kapitaalgoederen. Aggregatie vereist immers dat ieder kapitaalgoed wordt gewogen aan de hand van zijn waarde. De waarde van de voorraad van een bepaald type kapitaalgoed wordt bepaald door diens aankoopprijs, terwijl de waarde van de geassocieerde kapitaaldiensten afhangt van de gebruikerskost van het goed. Daardoor hebben kapitaalgoederen met een relatief lage aankoopprijs maar met een hoge gebruikerskost (marginaal product) een veel groter gewicht in een aggregaat van de totale kapitaaldiensten dan in een index van de totale kapitaalvoorraad. In zijn meest eenvoudige vorm, waarbij belastingen geen rol spelen, is de gebruikerskost gelijk aan:

-
1. Het verschil tussen de kapitaaldiensten van een nieuwe en een oude computer is een andere kwestie. Dit verschil wordt gemeten door het gebruik van een deflator die rekening houdt met kwaliteitsverbetering, alvorens het verschil in productieve diensten van aparte kapitaalgoederen in de analyse te brengen.
 2. Volgens Jorgenson en Stiroh (2000, p. 138) waren ICT-kapitaaldiensten goed voor 11,2 % van de totale kapitaaldiensten in 1998, terwijl de ICT-kapitaalvoorraad slechts stond voor 3,4 % van de kapitaalgoederenvoorraad in de Verenigde Staten.
 3. Volgens een alternatieve methode worden de kapitaaldiensten van een goed geconstrueerd door middel van een maat van de benuttingsgraad van de voorraad van het kapitaalgoed.
 4. Merk op dat de gebruikerskost als waarde van de stroom van productieve kapitaaldiensten conceptueel equivalent is aan het loon, dat de waarde van de stroom arbeidsdiensten weergeeft. Vanuit praktisch oogpunt is er echter wel verschil tussen gebruikerskost en loon: omdat kapitaalgoederen doorgaans eigendom zijn van de gebruiker, wordt de gebruikerskost van de meeste kapitaalgoederen niet in een markt bepaald en is dus niet geobserveerd, in tegenstelling tot het loon.

$$\mu_t = p_t(r_t + d_t) - \dot{p}_t. \quad (14)$$

In tegenstelling tot de aankoopprijs van een kapitaalgoed (p_t) houdt de gebruikerskost dus rekening met het intern rendement van het goed (r_t), de depreciatievoet (d_t) en de kapitaalwinsten of -verliezen bij de aankoop van het goed (\dot{p}_t). Het verschil tussen de index van de totale kapitaaldiensten en van de totale kapitaalvoorraad, die respectievelijk worden bekomen door de voorraden van de verschillende types kapitaalgoederen te aggregeren aan de hand van hun gebruikerskost en hun aankoopprijs, wordt de kwaliteit van het kapitaal genoemd. Dit verschil vertegenwoordigt immers de substitutie naar kapitaalgoederen met een hoger marginaal product.

Nu de kapitaalinput K_t in de productiefunctie is geherdefinieerd als de stroom van kapitaaldiensten, kan de kapitaalgoederenvoorraad worden aangeduid door S_t . De groeibijdrage van het kapitaal in vergelijking (12) kan dan worden toegewezen aan twee factoren: de *verbetering in de kwaliteit van het kapitaal* ($K_t - S_t$) en de groei van de kapitaalgoederenvoorraad (S_t), oftewel:

$$g_t = \frac{\dot{Y}_t}{Y_t} - s_{Kt} \left(\frac{\dot{K}_t}{K_t} - \frac{\dot{S}_t}{S_t} \right) - s_{Kt} \frac{\dot{S}_t}{S_t} - s_{Lt} \frac{\dot{L}_t}{L_t}. \quad (15)$$

Een tweede manier om de meting van de inputfactoren en het Solow-residu te verbeteren is door veranderingen in de kwaliteit van de *arbeid* in rekening te brengen. De bijdrage van een arbeider aan het productieproces bestaat uit diens tijd, inspanning en vaardigheden. De tijds- of kwantiteitsdimensie wordt gemeten door het aantal gewerkte uren. De dimensie van de kwaliteit of de vaardigheden, waardoor verschillen in de kwaliteit tussen heterogene groepen arbeiders kunnen worden verrekend, wordt weerspiegeld in het concept van het *menselijk kapitaal*.¹ Dat is het geheel van vaardigheden die zijn belichaamd in de beroepsbevolking en dat wordt gevormd door investeringen in mensen door middel van opleiding en werkervaring, gezondheidszorg en herallocatie. Zoals fysiek kapitaal is het menselijk kapitaal rivaal en uitsluitbaar (en niet omkeerbaar).² De arbeidinput herdefiniëren om het menselijk kapitaal er in op te nemen betekent rekening houden met de heterogeniteit van arbeid en leidt tot een correcte maat van de stroom van arbeiddiensten. Het concept is dus analoog aan dat van de kapitaaldiensten, aangezien de arbeidinput de substitutie meet tussen types arbeid met een verschillend marginaal product.

Vervolgens leidt het verrekenen van het menselijk kapitaal eveneens tot een maat van de verandering in de compositie, oftewel de kwaliteitsverbetering van de arbeid. Stel dat de arbeidsinput L_t gegeven wordt door de arbeiddiensten en laat de gewerkte uren worden weergegeven door H_t . Door H_t toe te voegen en af te trekken kan vergelijking (13) worden herschreven als:

-
1. Inspanning als dimensie van de factor arbeid is het equivalent van de benuttingsgraad van de kapitaalgoederenvoorraad. De inspanning wordt echter verder genegeerd omwille van de geassocieerde metingsproblemen.
 2. Menselijk kapitaal mag niet worden verward met kennis. Enerzijds is menselijk kapitaal een rivaal goed. Het is in bezit van het individu, dat zijn vaardigheden kan gebruiken voor bepaalde doelen maar ze ondertussen niet kan inzetten voor andere doelen. Anderzijds is kennis niet-rivaal: het is beschikbaar voor iedereen op hetzelfde moment. Vanzelfsprekend kan menselijk kapitaal gebruikt worden bij de ontwikkeling van nieuwe kennis, of omgekeerd, kan nieuwe kennis iemands menselijk kapitaal verhogen. Dat neemt echter niet weg dat beide concepten duidelijk van elkaar onderscheiden zijn.

$$g_t = \left(\frac{\dot{Y}_t}{Y_t} - \frac{\dot{H}_t}{H_t} \right) - s_{Kt} \left(\frac{\dot{K}_t}{K_t} - \frac{\dot{H}_t}{H_t} \right) - s_{Lt} \left(\frac{\dot{L}_t}{L_t} - \frac{\dot{H}_t}{H_t} \right), \quad (16)$$

waar de eerste twee termen aan de rechterzijde van de vergelijking nog steeds respectievelijk staan voor de gemiddelde arbeidsproductiviteit en de groeibijdrage van de kapitaalintensiteit, terwijl het verschil tussen de arbeiddiensten en de gewerkte uren ($L_t - H_t$) de *verbetering in de kwaliteit van de arbeid* weergeeft. Opnieuw leidt niet rekening houden met deze kwaliteitsverbetering tot een overschatting van de TFP-groei.

Aangezien de vorming van menselijk kapitaal plaatsvindt zonder duidelijke markttransacties, is het meten ervan moeilijker dan het meten van investeringen in fysieke kapitaalgoederen. Belangrijker nog zijn de kenmerken die aan de basis liggen van het menselijk kapitaal niet allemaal even duidelijk op conceptueel niveau. Vandaar is er geen onbetwiste methode, noch voor het meten van menselijk kapitaal, noch voor het meten van arbeiddiensten die dit menselijk kapitaal bevatten. Een overzicht van de arbeiddiensten wordt gegeven door de OESO (2001, p. 46). De meest gebruikte methode voor het meten van arbeiddiensten is te veronderstellen dat ondernemingen prijsnemers zijn in de arbeidsmarkt en dat zij hun kosten minimaliseren, zodat het marginaal product van elk type arbeid gelijk is aan het loon. De arbeidinput wordt dan geconstrueerd als een gewogen index van de arbeiddiensten van ieder type arbeider, met het overeenkomstige aandeel in het totale arbeidsinkomen als gewicht. Deze methode werd voorgesteld door Jorgenson *et al.* (1987), die vijf kenmerken gebruikten om het marginaal product van verschillende types arbeid te bepalen, met name de leeftijd, opleiding, werknemersklasse, beroep en geslacht.

3. Uitbreidingen

Arbeid en kapitaal maken deel uit van de belangrijkste productiefactoren in vrijwel alle economische theorieën. Naast de dienstenstroom van arbeid en kapitaal kunnen echter nog een aantal andere factoren worden onderscheiden. De productiefactoren die conceptueel worden onderscheiden maar niet direct worden geobserveerd, maken deel uit van het Solow-residu. Door de voortdurende verbeteringen in het meten van de productiefactoren zou het Solow-residu in principe uiteindelijk kunnen verdwijnen. In die zin is het residu dus een “maat van onze onwetendheid” (Abramovitz, 1956). Omdat veel productiefactoren echter niet direct meetbaar zijn, blijft dit echter een ver streefdoel. Technologische vooruitgang is een prominent voorbeeld van een variabele die tot nog toe niet meetbaar is. Er bestaat echter geen consensus over welke factoren betekenisvolle schattingen kunnen worden geconstrueerd.

Het *publiek kapitaal* is een productiefactor die geen deel uitmaakt van de boven besproken fysieke en menselijke kapitaalgoederen, maar die eveneens expliciet in de productiefunctie kan worden opgenomen. Intuïtief lijkt het publiek kapitaal een belangrijke productiefactor; in het bijzonder kan men verwachten dat de infrastructuur van een economie bijdraagt tot de groei van de productie. Volgens Shioji (2001) zijn de bewijzen voor het belang van het publiek kapitaal gemengd. Dit belang wordt traditioneel immers gemeten aan de hand van een statische benadering met een productiefunctie vermeerderd door publiek kapitaal, die enkel het directe effect van het publiek kapitaal op de productie meet. Shioji baseert

zich daarentegen op een dynamische convergentiebenadering, die de inkomensconvergentievergelijking van Barro en Sala-i-Martin's (1992) - *cf. supra* - gebruikt. Daardoor poogt hij zowel het direct effect als het daaropvolgende groei-effect van het publiek kapitaal te meten, dat zich voordoet door aanmoediging van de private kapitaalaccumulatie. Disaggregatie van het publiek kapitaal leidt tot de bevinding dat de infrastructuurcomponent een significant positief effect heeft op de productie op lange termijn zowel in de Verenigde Staten als in Japan.

In de praktijk wordt het publiek kapitaal echter vaak genegeerd in een groeidecompositie. Hoewel de groeibijdrage daardoor naar de TFP-groei wordt verplaatst, is de reden voor deze veronachtzaming duidelijk: het publiek kapitaal onderscheidt zich onder de kapitaalgoederen omwille van de geassocieerde metingsproblemen. Deze doen zich voor omdat er doorgaans geen marktprijzen van publiek kapitaal worden geobserveerd. De groeibijdrage van het publiek kapitaal wordt daarom doorgaans niet in rekening gebracht in een groeidecompositie en wordt dus opgepikt door de TFP-groei.

Uitgaven aan *onderzoek en ontwikkeling* ("Research and Development", oftewel R&D), die kunnen beschouwd worden als investeringen in nieuwe kennis, hebben speciale aandacht gekregen als productiefactor. Die aandacht zit vooral in de endogene groei modellen, waar investeringen in R&D niet-rivaal zijn en gekenmerkt kunnen worden door spillovers die leiden tot een kapitaalvoorraad van de resultaten van R&D met niet-afnemende meeropbrengsten. Dit wordt verder besproken in paragraaf III.C. Vanuit een neoklassiek standpunt kunnen uitgaven aan R&D echter worden beschouwd als een kapitaalinput met afnemende meeropbrengsten, die zich zoals het publiek kapitaal onderscheidt door de meetproblemen eerder dan de conceptuele problemen die ermee verbonden zijn.

4. Belangrijkste implicaties van ICT

Voor het meten van de bijdrage van ICT-kapitaal aan de productiviteitsgroei, wordt de factor kapitaal gedisaggregeerd in twee types kapitaal, namelijk het ICT-kapitaal en het overige kapitaal. Vaak is het ICT-kapitaal het aggregaat van drie ICT-goederen, zijnde de IT-uitrusting, de communicatie-uitrusting en de software. Vergelijking (12) kan dan herschreven worden als:

$$g_t = \frac{\dot{Y}_t}{Y_t} - s_{K_{ICTt}} \frac{\dot{K}_{ICTt}}{K_{ICTt}} - s_{K_{Nt}} \frac{\dot{K}_{Nt}}{K_{Nt}} - s_{L_t} \frac{\dot{L}_t}{L_t}, \tag{17}$$

waarbij K_{ICTt} en K_{Nt} respectievelijk de stroom van ICT- en niet-ICT-kapitaaldiensten voorstellen, $s_{K_{ICTt}}$ en $s_{K_{Nt}}$ respectievelijk staan voor de gebruikerskost van ICT- en niet-ICT-kapitaal, en de productiefunctie gekenmerkt is door constante schaalopbrengsten zodat $s_{K_{ICTt}} + s_{K_{Nt}} + s_{L_t} = 1$. In dit raamwerk kunnen drie kanalen onderscheiden worden waarlangs ICT de groei van de arbeidsproductiviteit kunnen beïnvloeden. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de *productie* en het *gebruik* van ICT.

Ten eerste kunnen ICT de totale factorproductiviteitsgroei doen stijgen dankzij technologische vooruitgang in de ICT-producerende sector. In deze sector hebben immers voortdurend innovaties plaatsgevonden, die toelaten om dezelfde output te produceren met steeds minder inputs. Het tempo van technische verbetering in de sector van de halfgeleiders wordt omschreven door de wet van

Moore, die stelt dat de hoeveelheid informatie bewaarbaar op een gegeven hoeveelheid silicium verdubbeld om de 18-24 maanden. De ICT-innovaties van de laatste decennia zorgen er bovendien voor dat velen verwachten dat nieuwe, momenteel nog ondenkbare, innovaties in ICT zullen blijven volgen. De toename van de totale factorproductiviteit in de ICT-producerende sector draagt bij aan de stijging van de geaggregeerde TFP. Dit kanaal impliceert dus een verschuiving van de productiefunctie van de ICT-producerende sector, die de geaggregeerde productiefunctie doet verschuiven.¹

Ten tweede kunnen ICT een impact op de arbeidsproductiviteitsgroei hebben dankzij het gebruik of de adoptie van ICT. Dit kanaal werkt via een toename van de kapitaalintensiteit ten gevolge van de investeringen in ICT. De snelle toename van de ICT-investeringen is het resultaat van de relatieve prijsdalingen van ICT-kapitaalgoederen ten opzichte van andere kapitaalgoederen met een kleinere marginale productiviteit. Deze prijsdalingen zijn het gevolg van de technologische vooruitgang in de ICT-producerende sector. De toenemende kapitaalintensiteit leidt tot een verhoging van de groei van de arbeidsproductiviteit in proportie met de gebruikerskost van ICT-kapitaal. Dit kanaal impliceert een verschuiving langs de geaggregeerde productiefunctie. Bovendien behoeft dit kanaal geen binnenlandse ICT-sector, aangezien ICT-kapitaal ook ingevoerd kan worden.

De verklaring van de groei van de arbeidsproductiviteit in termen van een toename van de kapitaalintensiteit is volledig in overeenstemming met de neoklassieke visie. De eerste verklaring van de groei in arbeidsproductiviteit, via TFP-groei in de ICT-sector past eveneens in het neoklassieke raamwerk als gegeven oorzaak van prijsdaling van ICT-goederen en van TFP-groei. Het derde kanaal, daarentegen, wordt vooral benadrukt door aanhangers van een nieuwe economie. Hoewel deze term reeds veel verschillende definities heeft gekregen, behelst hij in een groeiboekhoudingscontext doorgaans de acceleratie van de TFP-groei ten gevolge van de diffusie van ICT-kapitaal. De TFP-groei in de ICT-intensieve sectoren zou gestimuleerd worden door netwerkexternaliteiten, toenemende schaalopbrengsten, en andere aan ICT gerelateerde spillover-effecten. Dit kanaal impliceert dus een verschuiving van de geaggregeerde productiefunctie. Het is tegelijkertijd het meest controversiële kanaal. Inderdaad, wanneer men spreekt over een nieuwe economie verwijst men doorgaans naar spillover-effecten van investeringen in ICT-kapitaal, die de technologische vooruitgang in de ICT-gebruikende sector stimuleren en resulteren in efficiëntere productieprocessen en nieuwe producten. Op dit kanaal wordt dieper ingegaan in paragraaf III.C.4.

1. Domar (1961) toonde aan dat de geaggregeerde TFP-groei kan worden voorgesteld als een gewogen gemiddelde van de sectoriële TFP-groei. Oliner en Sichel (2000) passen Domar's decompositie toe om de bijdrage van de ICT-producerende sector aan de totale TFP-groei te kwantificeren. Zij verklaren de geaggregeerde TFP-groei in de Verenigde Staten in termen van de TFP-groei in de halfgeleidersector, de computersector en de sector "andere" en bekomen zo een schatting van het aandeel van de ICT-producerende sector in de geaggregeerde TFP-groei.

TABEL 1 - Bijdrage van ICT-kapitaalgroei in België - totale economie (%)

Gemiddelde jaarlijkse groeivoet	1991-1995	1995-2001	versnelling
Reëel bbp	1,54	2,50	+0,96
Gewerkte uren	-0,32	0,87	+1,19
Gemiddelde arbeidsproductiviteit per uur	1,86	1,63	-0,23
- Groei kapitaalintensiteit	1,06	0,74	-0,32
<i>waarvan ICT</i>	0,33	0,54	+0,21
- TFP	0,80	0,89	+0,09
Reëel bbp	1,54	2,50	+0,96
- Bijdrage van gewerkte uren	-0,21	0,55	+0,76
- Bijdrage van kapitaal	0,95	1,06	+0,11
<i>waarvan ICT</i>	0,32	0,56	+0,24
- TFP	0,80	0,89	+0,09

Bron: Kegels *et al.* (2002, Tabel 2), bijgewerkt.

Tabel 1 geeft een schatting van het belang van het tweede kanaal in België. Meer bepaald bevat de tabel gemiddelde jaarlijkse schattingen van de componenten van vergelijking 17 en dezelfde vergelijking in per-uur-termen voor de perioden 1991-1995 en 1995-2001. De gemiddelde jaarlijkse groeibijdrage van de ICT-kapitaaluitrusting in België, gecorrigeerd voor kwaliteitsverbeteringen, versnelde tussen beide perioden van 0,32 % naar 0,56 %. De groeibijdrage van het ICT-kapitaal bedroeg meer dan de helft van de groeibijdrage van de totale kapitaal-goederenvoorraad in 1995-2001, tegenover één derde in de voorafgaande periode.

C. Endogene groeitheorie

Er bestaat een verscheidenheid aan endogene groei modellen, die kunnen worden ingedeeld in drie brede klassen. Ten eerste behoren de vroege endogene groei modellen tot de categorie van de spillover modellen. Deze verlaten de afnemende meeropbrengsten van kapitaal die eigen is aan het neoklassiek model. Ze beroepen zich daartoe op de aanwezigheid van externe effecten: de resultaten van private investeringen in nieuwe technologie gaan gepaard met spillovers naar de rest van de economie, met toenemende schaalopbrengsten als gevolg. Ten tweede behoren meer recente endogene groei modellen tot de categorie van de neoschumpeteriaanse modellen, die gekenmerkt worden door aanwezigheid van invloed op de markt dankzij imperfecte concurrentie. De geassocieerde monopoliewinsten vormen een motivatie om te innoveren en verklaren zodoende de technische vooruitgang intern als het resultaat van de acties van marktparticipanten die rationeel reageren op incentieven.¹ Ten slotte is er de categorie van lineaire modellen. Ter illustratie wordt hieronder het eenvoudigste endogene groei model in beschouwing genomen. Dit model staat bekend als het AK-model.

1. Barro (1999) bespreekt de gevolgen van de aanwezigheid van externaliteiten en imperfecte concurrentie voor de groeiboekhouding. Hij argumenteert daarbij dat de standaard groeiboekhouding en de nieuwe groeitheorieën bijdragen aan elkaars nut en dus complementair zijn.

1. AK-model

In het *AK-model* bestaat de arbeidsinput volledig uit menselijk kapitaal, waarvan de kenmerken niet fundamenteel verschillen van die van fysiek kapitaal. In het bijzonder wordt menselijk kapitaal eveneens gevormd via investeringen. Bovendien wordt in het *AK-model* verondersteld dat kennis, die voortkomt uit investeringen in R&D, kan worden toegeëigend door de innoverende onderneming. Technologie is daardoor een puur rivaal goed. Terugkomend op de bespreking van technologie in het Solow-model, waar technologie een publiek goed is, kunnen het *AK-model* en het Solow-model worden beschouwd als twee tegenovergestelde extremen.

Omdat alle productiefactoren rivaal zijn en het resultaat zijn van private investeringen, worden de factoren samengevoegd tot een breedgedefinieerde maat van kapitaal, die leidt tot een lineaire productiefunctie: $Y_t = AK_t$. In termen van de Cobb-Douglas productiefunctie van vergelijking (6) impliceert dit dat $\alpha = 1$. Deze productietechnologie wordt gekenmerkt door constante schaalopbrengsten van kapitaal en voldoet niet aan de Inada-voorwaarden. Endogene groei wordt in dit model gegenereerd dankzij de niet-afnemende meeropbrengsten van de breedgedefinieerde kapitaalinput.

Als de assumpties van het Solow-model die geen betrekking hebben op de productiefunctie worden behouden, in het bijzonder dat de spaarquote een constante proportie van de output is, dan wordt endogene groei opgewekt door de *AK*-productiefunctie te substitueren in de kapitaalgroevenvergelijking (5). Dit leidt tot een constante groeivoet van het kapitaal per eenheid arbeid, gelijk aan $\gamma = sA - (\delta + n)$, wat aantoont dat de groeivoet *permanent* kan gewijzigd worden door veranderingen in de spaarquote, de groeivoet van arbeid of de depreciatievoet.

2. Spillovermodellen

Paul Romer (1994) onderscheidt twee versies van de oorsprong van endogene groei. De eerste versie stelt dat endogene groei modellen voort zijn gekomen uit het convergentiedebat in paragraaf III.A.1. Meer bepaald volgen ze uit de observatie dat het inkomensaandeel van kapitaal in de nationale rekeningen te klein is, en het aandeel van arbeid bijgevolg te groot, om de kleine verschillen van de spaarquote tussen landen met grote verschillen in inkomensniveau te verklaren. Deze observatie leidde tot endogene groei modellen met spillovers, die verklaren waarom het inkomensaandeel van kapitaal in werkelijkheid groter zou kunnen zijn dan het aandeel geobserveerd in de nationale rekeningen.¹

De klassieke referentie voor *spillovermodellen* is Romer (1986), die argumenteert dat uitgaven aan R&D – dat zijn investeringen in kennis – door individuele on-

1. Endogene groei modellen zijn echter niet de enige oplossing voor deze kwestie. Een andere oplossing, voorgesteld door Barro en Sala-i-Martin (1992), is om de TFP te laten variëren tussen landen, zodat de variatie van de spaarquote niet zo groot hoeft te zijn. Ten slotte stelden Mankiw, Romer en Weil (1992) nog een alternatief voor door het menselijk kapitaal als derde productiefactor naast arbeid en fysiek kapitaal toe te voegen aan een Cobb-Douglas productiefunctie. Omdat het inkomensaandeel van elk van de drie factoren ongeveer een derde bedroeg, steeg het totale inkomensaandeel van kapitaal tot ongeveer twee derde. Zodoende dwong de convergentiekwestie niet tot het verlaten van het neoklassiek model.

ondernemingen het geaggregeerd niveau van de kennis in de economie doen toenemen. Dit gebeurt dankzij de positieve externaliteit die ontstaat doordat “knowledge cannot be perfectly patented or kept secret” (Romer, 1986, p. 1003). Naast deze externaliteit vormen afnemende meeropbrengsten in de productie van nieuwe kennis een andere belangrijke veronderstelling van het model. Dat betekent dat voor een individuele onderneming, i , de uitgaven aan R&D een rivale input zijn zoals de andere rivale productiefactoren die de onderneming gebruikt. Bovendien vertonen de rivale inputs constante schaalopbrengsten, zodat een toename van alle rivale inputs met dezelfde factor in de onderneming leiden tot een gelijke stijging van de productie. Samen met het externe effect van de R&D-uitgaven impliceert dit dat de geaggregeerde productiefunctie wordt gekenmerkt door toenemende schaalopbrengsten. Formeler gesteld betekent dit dat:

$$F(\lambda R; \lambda R_i, \lambda K_i, \lambda L_i) > F(R; \lambda R_i, \lambda K_i, \lambda L_i) = \lambda F(R; R_i, K_i, L_i), \quad (18)$$

waar $R = \sum R_i$ staat voor de geaggregeerde voorraad resultaten van de uitgaven aan R&D, subscript i de input aanduidt van onderneming i , en de tijdsindex is weggelaten om de leesbaarheid te verhogen. De volgende productiefunctie beschrijft dit model:

$$Y = A(R) \tilde{F}(K_i, L_i, R_i). \quad (19)$$

Spillovers van de private onderzoeksinspanningen leiden tot een vergroting van de publieke voorraad kennis A . Het model erkent daarom dat ondernemingen met reden onderzoek doen. Een belangrijke beleidsimplicatie van dit model is dat het private niveau van sparen en investeren niet optimaal is vanuit sociaal oogpunt, omwille van de externaliteit. Dit vormt dus een gelegenheid voor overheidssubsidies van investeringen in R&D.

Meerdere spillovermodellen zijn ontwikkeld in dezelfde geest, wat illustreert dat de precieze natuur van de spillover niet van groot belang is. Arrow (1962) stelde een model voor van “learning-by-doing”, waar kennis toeneemt ten gevolge van spillovers van investeringen in fysieke kapitaalgoederen. Vergelijking (19) kan dan herschreven worden als $Y = A(K) \tilde{F}(K_i, L_i)$. Het geaggregeerd niveau van de kennis, $A(K)$, neemt hierbij toe naarmate individuele ondernemingen investeren en hun kapitaalvoorraad, K_i , verhogen, omdat mensen leren door te investeren. Niettemin benadrukte Arrow niet dat dit model tot endogene groei kan leiden. Ten slotte suggereerde Lucas (1988) dat het de investeringen in menselijk kapitaal in plaats van fysiek kapitaal zijn die spillover-effecten hebben waardoor het niveau van de technologie stijgt. Als L de geaggregeerde voorraad menselijk kapitaal in de economie voorstelt, kan Lucas’ productiefunctie geschreven worden als $Y = A(L) \tilde{F}(K_i, L_i)$. Het essentiële kenmerk van deze spillovermodellen is dat er niet-afnemende meeropbrengsten zijn verbonden aan kapitaalvorming op het geaggregeerde niveau, die endogene groei toelaten.

In het perspectief van het continuüm tussen het Solow-model met publieke technologie en het AK-model met rivale technologie, staan spillovermodellen dicht bij het AK-model. Private investeringen in kennis - in termen van vergelijking (19) - worden hier immers eveneens gemotiveerd door de veronderstelling van rivale technologie. Spillovermodellen verschillen echter van het AK-model omdat deze kennis externaliteiten vertoont naar de rest van de economie, waar het als deel van de geaggregeerde voorraad kennis een puur publiek goed wordt. Technolo-

gie wordt met andere woorden endogeen verschaft als bijwerking van de private investeringsbeslissingen. Over het algemeen wordt de output van R&D als niet-rivaal beschouwd, zodat de assumptie van rivale R&D de theoretische zwakke plek van het model vormt. De belangrijkste empirische kritiek die op spillovermodellen van toepassing is, gaat echter over het *schaaleffect*, de eigenschap dat productiviteitsgroei toeneemt met de schaal van de economie. Dit effect werd verworpen door Jones (1995a, 1995b), wiens werk wordt beschouwd als een sterk bewijsstuk tegen deze modellen.

3. Innovatie bij monopolistische concurrentie

Romer (1994) onderscheidt een tweede versie van de oorsprong van endogene groeitheorie in het verlaten van de perfecte concurrentie. Spillovermodellen leiden tot endogene groei dankzij de niet-afnemende meeropbrengsten van kapitaal, maar vermijden de kwestie van imperfecte concurrentie. Perfecte concurrentie is een erg praktische assumptie van het neoklassieke model, die kan worden behouden omdat technische vooruitgang op een exogene manier plaatsvindt, zonder de aanwezigheid van enige monopolierente. Modellen met monopolistische concurrentie erkennen echter dat technische vooruitgang endogeen is en dat vele ondernemingen en individuen een zekere marktinvloed hebben en monopolierenten verdienen op hun uitvindingen. Omdat deze modellen endogene groei verklaren aan de hand van de handelingen van personen die gehoor geven aan bepaalde stimuli, hoeven ze zich niet te verlaten op niet-afnemende meeropbrengsten van kapitaal om endogene groei voort te brengen.

Er zijn twee types endogene groei modellen met imperfecte concurrentie: modellen met variëteit van producten ("product variety-model") en modellen met kwaliteitsniveau's van een product ("quality ladders-model"). Om het verschil tussen deze concepten duidelijk te maken, kan men bij een productvariëteit bijvoorbeeld denken aan personal computers, waarbij de quality ladder van computers bijvoorbeeld zou gaan van computers met een 286-processor tot computers met een Pentium 4-processor.

Eenzijds is het *quality ladders*-model – soms ook *Schumpeteriaans* model genoemd – het meest gesofisticeerde van beide modellen.¹ Innovatie resulteert in een nieuwe kwaliteit van een product, die de oude kwaliteit overbodig maakt. Naast de positieve spillover van een innovatie voor het geaggregeerd niveau van de kennis, impliceert dit proces van creatieve destructie daardoor een negatieve spillover geassocieerd met innovatie, het zogenaamde *business-stealing effect*. Dit model leidt tot het besluit dat er teveel R&D plaatsvindt, omdat innoverende ondernemingen geen rekening houden met de kosten die hun innovatie meebrengt voor de producenten van de voorgaande kwaliteit van het product. Vandaar is de normatieve implicatie van dit type model dat R&D overmatig kan zijn, een besluit dat in strijd is met de implicaties van de spillovermodellen.

Anderzijds is het *product varieties*-model het eenvoudigste van beide modellen, omdat innovatie in dit geval resulteert in een nieuwe variëteit die kan bestaan naast de oude variëteiten van het product. Deze benadering werd ontwikkeld door Dixit en Stiglitz (1977) met variëteiten die voorkwamen in de voorkeuren

1. Een grondige bespreking van het quality ladders-model wordt gegeven door Aghion en Howitt (1998, hoofdstuk 2).

van de consumenten. Ethier (1982) toonde vervolgens aan dat variëteiten kunnen voorkomen onder de vorm van intermediaire inputs in de productiefunctie.

Het variëteitenraamwerk toegepast op de endogene groeitheorie werd opnieuw gepioneerd door Romer (1990). Hier wordt een eenvoudige formulering bekeken. Stel dat er twee sectoren zijn in de economie: de producenten van finale output en de R&D-sector, die nieuwe productvariëteiten ontwikkelt die vervolgens als intermediaire input worden gebruikt voor de productie van de finale output. Ten eerste worden de producenten van de finale output geconfronteerd met een Spence (1976)/Dixit en Stiglitz (1977) productiefunctie, dat is een Cobb-Douglas productiefunctie waarvan de kapitaalinput bestaat uit de som van N intermediaire goederen X_j :

$$Y = AL^{1-\alpha} \sum_{j=1}^N X_j^\alpha. \quad (20)$$

Hier is α de elasticiteit van de output met betrekking tot iedere input.¹ In de productie van finale output heeft de winstmaximaliserende onderneming een vraag naar ieder intermediair goed die verschillend is volgens de prijs van die inputs. Daarnaast zal een onderneming in de R&D-sector deelnemen aan R&D als en alleen als de actuele waarde van haar toekomstige winst ten minste even groot is als de kosten die ze oploopt door R&D uit te voeren. Gegeven de vraag naar intermediaire inputs door de producenten van finale output, maximaliseert de innoverende onderneming haar winst. Als haar marginale kost wordt genormaliseerd tot een, zal de winstmaximaliserende R&D-onderneming de prijs van elk nieuw-ontwikkeld product gelijkstellen aan de elasticiteit van de vraag naar dat product met betrekking tot de finale productie ($1/\alpha$). De prijs van ieder nieuw intermediair product is daarom hetzelfde, en aangezien de vraag naar inputs enkel varieert met de prijs is de gevraagde hoeveelheid van elke variëteit eveneens gelijk ($X_j = \bar{X}$). Vergelijking (19) kan bijgevolg worden gereduceerd tot:

$$Y = \tilde{A}N, \quad (21)$$

waar $\tilde{A} = AL^{1-\alpha}\bar{X}^\alpha$. Voor een vaste arbeidinput zullen afnemende meeropbrengsten optreden als de groei afhangt van stijgingen in de gebruikte hoeveelheid van iedere input. Er doen zich echter geen afnemende meeropbrengsten voor als de outputgroei het resultaat is van de voortdurende beschikbaarheid van nieuwe inputs. Daarom ontstaat endogene groei uit de nieuwe inputs die worden ontwikkeld in de R&D-sector. Bovendien verdienen de innoverende ondernemingen monopolierenten gelijk aan $((1/\alpha) - 1)\bar{X}$.

Dit type model verklaart endogene groei op een bevredigende manier via de aanwezigheid van imperfecte concurrentie. Dat bevredigend resultaat vertaalt zich ook in termen van de dimensies rivaal versus niet-rivaal en uitsluitbaar versus niet-uitsluitbaar die de technologie kenmerken: de innoverende ondernemingen produceren kennis die niet-rivaal maar wel uitsluitbaar is. In het raamwerk van de variëteiten neemt technologische vooruitgang de vorm aan van een toename van het aantal intermediaire producten N . Een nieuwe variëteit is niet-rivaal aangezien elke producent van finale output er gebruik van kan maken. Ze is

1. Merk op dat de additieve scheidbaarheid van de inputs in de productiefunctie impliceert dat het marginaal product van een input onafhankelijk is van de gebruikte hoeveelheid van een andere input, zodat de inputs geen substituten zijn, in tegenstelling tot het geval van quality ladders.

duidelijk ook uitsluitbaar, aangezien de innoverende onderneming in staat is winst te halen uit haar innovatie. In het bijzonder in termen van de impact van ICT op de groei verklaren deze modellen expliciet hoe voortdurende innovatie in ICT kan bijdragen tot blijvende economische groei.

4. Belangrijkste implicaties van ICT

De endogene groeimodellen benadrukken een aantal economische fenomenen als zijnde cruciaal voor de verklaring van de economische groei op lange termijn. Hieronder bevinden zich positieve externaliteiten zoals spillovers van investeringen in kapitaalgoederen, in menselijk kapitaal en in kennis (R&D). Deze spillovers leiden tot toenemende schaalopbrengsten van de productiefactoren. De groeibijdrage van deze spillovers wordt residueel gemeten via de groei van de TFP.

De specifieke definitie van de nieuwe economie die vooral kijkt naar de bronnen van de groei, legt de band tussen ICT en deze fenomenen die leiden tot endogene groei. Niet alleen zouden de ICT als “general purpose”-technologie leiden tot steeds nieuwe toepassingen in outputs en productiemethodes. Bovendien zouden de ontwikkelingen in ICT de groei van de TFP stimuleren door het belang van externaliteiten en toenemende schaalopbrengsten te vergroten. Hi-tech-producten zoals software worden immers gekenmerkt door zeer hoge vaste ontwikkelingskosten, in combinatie met een haast verwaarloosbare marginale kost. Daarnaast worden deze producten vaak gekenmerkt door netwerkeffecten: de waarde van bijvoorbeeld een internet-aansluiting neemt toe met het aantal gebruikers.

In de rest van deze paragraaf worden de interacties tussen ICT-investeringen en de TFP-groei in de ICT-gebruikende sectoren nader beschouwd als mogelijke manifestaties van een nieuwe economie. Stiroh (2002) geeft een uitgebreid overzicht van de mogelijke interactie-effecten en test voor de aanwezigheid van zulke effecten in de Verenigde Staten. Hij stelt echter geen correlatie vast tussen de ICT-investeringen en de TFP-groei, en besluit daaruit dat een nieuwe economie niet zichtbaar is, althans op basis van sectorgegevens. Hieronder zijn deze mogelijke interacties gegroepeerd onder de hoofding conceptuele verklaringen enerzijds, en praktische verklaringen anderzijds, hoewel bepaalde effecten elkaar kunnen overlappen.¹

Onder de conceptuele verklaringen van de interactie tussen ICT-kapitaalaccumulatie en TFP-groei zijn productie-spillovers en netwerkexternaliteiten het meest besproken. Productie-spillovers zijn externaliteiten die verbonden zijn aan de productie van, in dit geval, ICT-goederen. Als gevolg van deze spillovers is de sociale opbrengst van ICT-kapitaal groter dan de private opbrengst. In termen van de productiefunctie (17) wordt dat verschil tussen de sociale en de private opbrengst van het ICT-kapitaal dan gemeten door het Solow-residu, waardoor een correlatie optreedt tussen ICT-kapitaalaccumulatie en TFP-groei.²

-
1. Griliches (1992) benadrukte in de context van R&D-spillovers dat het zeer moeilijk is om metingsfouten van echte spillovers te onderscheiden.
 2. Hoewel de aanwezigheid van productie-spillovers een interactie tussen kapitaalaccumulatie en TFP-groei impliceert, is het omgekeerde niet altijd waar: het interactie-effect is immers enkel het gevolg van spillovers indien de TFP-groei geassocieerd aan de kapitaalaccumulatie niet internaliseerbaar is door de investeerder.

ICT kunnen ook leiden tot een toename van *netwerkexternaliteiten*. Nieuwe en hoog-technologische sectoren – dus ook de ICT-producerende sector – worden vaak geassocieerd met het optreden van netwerkeffecten. Men spreekt van netwerkeffecten indien de individuele baten (of kosten) van een goed toenemen met het *aantal* gebruikers. Indien de baten van het goed niet worden geïnternaliseerd dan spreekt men van netwerkexternaliteiten. Een veel geciteerd voorbeeld is het internet. Langs de kant van de consument neemt het individuele voordeel van internet toe naarmate er meer websites te bezoeken zijn en meer mensen zijn om mee te emailen.

Langs de kant van de producent kunnen netwerkeffecten, samen met de nood aan standaarden, een belangrijke impact op de marktstructuur hebben. Het product dat als eerste een voldoende aantal gebruikers vindt, krijgt dankzij dit effect immers een steeds grotere waarde ten opzichte van concurrerende producten. Dit effect kan bijgevolg leiden tot een toename van “natuurlijke” monopolies. Bovendien wordt de productie van veel ICT-goederen gekenmerkt door grote vaste kosten (ontwikkelingskosten) en zeer kleine marginale kosten (kosten van reproductie), wat aanleiding geeft tot een marktstructuur gekenmerkt door toenemende schaalopbrengsten en bijgevolg de toename van natuurlijke monopolies versterkt.¹ De productiviteitseffecten van deze netwerken, zowel efficiëntiewinsten in het geval van een netwerkexternaliteit als mark-ups indien de eigenaar van het netwerk of van de technologie de netwerkeffecten kan internaliseren, komen in het Solow-residu terecht.²

Er bestaan echter nog effecten die aanleiding kunnen geven tot een interactie tussen de TFP-groei en de kapitaalintensiteit. In zijn studie van de convergentie tussen de gemiddelde arbeidsproductiviteit van landen, overweegt Wolff (1991, p. 566) een vijftal positieve interactie-effecten of complementariteiten tussen kapitaalaccumulatie en technologische vooruitgang:³ het belichamingseffect, door investeringen gestimuleerde herorganisatie, “learning-by-doing”, door technologische gestimuleerde investeringen en positieve feedback van investeringen.

Ten eerste houdt het *belichamingseffect* (“embodiment effect”) in dat nieuwe uitvindingen in praktijk worden gebracht door kapitaalaccumulatie. Een groot deel van de kapitaalaccumulatie weerspiegelt de endogene respons op technolo-

-
1. DeLong en Summers (2001) argumenteren dat ICT de economie doen evolueren van een “Smithiaanse” naar een “Schumpeteriaanse” economie. In een Smithiaanse economie gekenmerkt door rivale en uitsluitbare goederen vormt de gedecentraliseerde markt het beste middel voor welvaartscreatie, aangezien deze de prijzen gelijkshakelt aan de sociale marginale kost. In de Schumpeteriaanse economie, daarentegen, treden steeds vaker toenemende schaalopbrengsten op bij de productie van goederen, waardoor monopolie vaker de plaats inneemt van een competitief evenwicht. Dit roept beleidsvragen op over de bepaling van standaarden, over het belang van de grootte van de markt en de regulering van monopolies.
 2. Ook indien de aanwezigheid van toenemende schaalopbrengsten en imperfecte concurrentie niet te wijten is aan netwerkeffecten, leidt ze tot een overschatting van de TFP-groei en een onderschatting van de factorinputgroei. Indien er sprake is van mark-ups, zijn de factorinputprijzen immers hoger dan hun marginale kosten. Indien de groeiboekhouding constante schaalopbrengsten en perfecte concurrentie veronderstelt, is het inkomensaandeel van de inputs in dit geval kleiner dan de outputelasticiteit. Hoewel dit kan leiden tot een correlatie tussen ICT-kapitaal en de gemeten TFP-groei, is dit geen specifiek ICT-probleem, aangezien alle inputaandelen worden onderschat. Basu en Fernald (1997) bespreken de groeiboekhouding bij aanwezigheid van toenemende schaalopbrengsten en imperfecte concurrentie.
 3. Wolff (1991) overweegt drie hypothesen. Ten eerste, convergentie van TFP-niveaus door de diffusie van technische kennis van landen met een hoge gemiddelde arbeidsproductiviteit naar landen met een lage gemiddelde arbeidsproductiviteit. Ten tweede, convergentie van kapitaalintensiteiten. Ten derde, de interactie-effecten tussen kapitaalaccumulatie en technologische vooruitgang. Geen van deze drie hypothesen wordt verworpen. Hier worden echter geen landen maar sectoren als eenheid beschouwd.

gische verandering. Men spreekt over belichaamde of investeringsspecifieke technologische vooruitgang als tegenhanger van niet-belichaamde of investeringsneutrale technische vooruitgang.¹ Het belichamingseffect geeft aanleiding tot correlatie tussen de ICT-investeringen en de TFP-groei, indien de productiviteitsverschillen van verschillende “vintages” niet of onvolledig in rekening worden gebracht; met andere woorden, indien geen hedonische prijsindices voor ICT-producten worden gebruikt. In dat geval duikt dit effect in de TFP-groei op als metingsfout. Op de impact van metingsfouten wordt later teruggekomen.

Ten tweede kan de introductie van ICT-kapitaal leiden tot een betere organisatie of beter management. Dit wordt algemeen beschouwd als een belangrijk kanaal waarlangs ICT een impact op de groei van de arbeidsproductiviteit heeft, wat vooral blijkt uit gegevens op ondernemingsniveau. Brynjolfsson en Hitt (2000) bespreken de verandering binnen de organisatie ten gevolge van verminderde communicatiekosten, flexibele jobs, outsourcing en just-in-time voorraadcontrole. De zogenaamde “enterprise resource planning”-systemen vormen een concrete illustratie van de samenhang tussen ICT-investeringen en de efficiëntieverhogingen die gepaard gaan met organisationele verandering: deze software laat efficiëntiewinsten toe via een betere integratie van de diverse departementen en functies van een onderneming. De efficiëntiewinsten dankzij de afschaffing van het middle-management vormen wellicht een nog belangrijker resultaat van het vlottere informatiebeheer dat ICT toelaten. Betreffende inter-organisationele relaties verlagen ICT de zoek- en transactiekosten, waardoor vraag en aanbod beter aansluiten. De interactie van organisationele verandering met ICT-kapitaalaccumulatie kan vanuit praktisch standpunt ook beschouwd worden als een probleem van weggelaten variabelen (*cf. infra*).

Ten derde *learning-by-doing*: dit is de productie-spillover beschreven door Arrow (1962): ICT-investeringen kunnen bijdragen tot de technologische vooruitgang, aangezien de implementatie van nieuw kapitaal leidt tot nieuwe inzichten en kennis die niet-rivaal zijn en dus de productie van de ganse economie ten goede komen.

Ten vierde kan potentiële technologische vooruitgang kapitaalaccumulatie stimuleren, omdat de gelegenheid tot modernisering van de kapitaaluitrusting een hoge return op de investering belooft. Omdat de causaliteit in deze hypothese van TFP-groei naar ICT-kapitaalaccumulatie loopt, is dit kanaal echter niet meteen relevant.

Ten vijfde houdt het *Verdoorn- of Kaldor-effect* in dat een toename van de ICT-investeringen kan leiden tot een vraagtoename en aldus tot een gunstig economisch klimaat voor investeringen. Röger (2001) wijst er op dat een toename in de vraag naar andere types kapitaal en naar arbeid als gevolg van ICT-investeringen ook een negatieve impact op de groei van de gemiddelde arbeidsproductiviteit kan hebben. Dit zou immers kunnen leiden tot fricties in de kapitaal- en arbeidsmarkt. Kiley (2000) argumenteert bijvoorbeeld dat aanpassingskosten hebben bijgedragen aan negatieve resultaten over ICT en productiviteitsgroei.

1. Er bestaat discussie over de kwestie of het belichamingseffect in de kapitaalinput of in de TFP-groei thuis hoort. Bassanini et al. (2000, p. 17) geven een heldere bespreking van deze belichamingscontroverse. Hulten (1992) en Greenwood et al. (1997) bestuderen het kwantitatieve belang van investeringsspecifieke versus –neutrale technische vooruitgang.

Naast deze eerder conceptuele verklaringen kan correlatie tussen ICT-investeringen en TFP-groei echter ook optreden omwille van eerder praktische redenen. Deze correlatie kan immers ook te wijten zijn aan metingsproblemen of andere empirische problemen, zoals eveneens besproken wordt door Stiroh (2002). Meer bepaald kunnen weggelaten variabelen en metingsfouten een deel van de impact van ICT-investeringen op de groei van de gemiddelde arbeidsproductiviteit naar de TFP-groei verdringen.

De impact van *weggelaten variabelen* op de groei van de gemiddelde arbeidsproductiviteit komt volledig in de TFP-groeiterm terecht. In de mate dat deze variabelen gecorreleerd zijn met ICT-investeringen, is er sprake van correlatie tussen de ICT-investeringen en de TFP-groei. De organisationele verandering, investeringen in menselijk kapitaal en investeringen in R&D zijn drie belangrijke variabelen die gecorreleerd zijn met ICT-investeringen en die regelmatig worden weggelaten. De impact van deze factoren op de groei van de gemiddelde arbeidsproductiviteit is in de groeiboekhouding vanwege metingsproblemen niet altijd expliciet opgenomen als factorinput.

Weggelaten variabelen vormen een speciaal type van *metingsfouten*, aangezien een onderschatting van de factorinputs overeenkomt met een overschatting van de TFP-groei. Met ICT-kapitaal als input staat de meting van prijsindices centraal: deze moeten immers de enorme kwaliteitsverbeteringen van ICT-producten omzetten naar een toename van voor kwaliteit gecorrigeerde eenheden. Metingsfouten van ICT-inputs verdringen het niet-gemeten deel van dit kapitaal naar het Solow-residu en resulteren zodoende in correlatie tussen beide variabelen.¹

Gerelateerd aan deze discussie is de vraag of vooruitgang in ICT resulteert in een *tijdelijke* of een *permanente* groeiversnelling van de gemiddelde arbeidsproductiviteit. De kanalen van ICT-voortgang naar outputgroei die tot hiertoe besproken werden, impliceren telkens een tijdelijk effect, dat ophoudt zodra de innovatie in de ICT-sector stopt. De acceleratie van de bbp-groei zou echter permanent kunnen zijn via de impact van ICT-innovaties op de productie van kennis. Bartelsman en Hinloopen (2000) benadrukken dit kanaal: dankzij ICT is het diffusie- en absorptieproces in R&D groter, wat kan resulteren in een permanente verhoging van de marginale arbeidsproductiviteit in de R&D-sector. Dit laat toe dat de groei van de TFP en bijgevolg van het bbp *permanent* sneller wordt. In de realiteit kan de transitie groeiversnelling van een general-purpose technologie echter over een lange periode gespreid zijn, zodat het tijdelijk of permanent karakter van minder belang is.

Aghion en Howitt (1998, hoofdstuk 3) formaliseren deze idee en benadrukken dat kapitaalaccumulatie en innovatie in het algemeen niet als afzonderlijke causale factoren van economische groei moeten beschouwd worden, maar als twee aspecten van hetzelfde proces. De accumulatie van ICT-kapitaal en de ICT-gebonden TFP-groei komen beiden voort uit het proces van ICT-innovatie. Nieuwe technologieën zijn immers haast altijd belichaamd in nieuwe vormen van menselijk en fysiek kapitaal, die geaccumuleerd moeten worden opdat de technologie kan worden gebruikt. De economische groei op lange termijn wordt dus zowel bepaald door innovatie als door investeringen. Beiden zijn complementair omdat

1. De discussie over metingsfouten is eveneens relevant voor de meting van *output*. Zoals Griliches (1994) opmerkte, zijn meer dan 70 % van de private computerinvesteringen in de Verenigde Staten geconcentreerd in de dienstensector, waar de output niet goed gemeten is en zelfs niet altijd goed gedefinieerd. Het gaat dan echter over een verklaring waarom de productiviteitsgroei niet sneller was voor 1995.

kapitaal een input is in R&D en daardoor niet enkel het niveau maar ook de groei-voet van output op lange termijn bepaalt. Inderdaad, de R&D-sector is zeer kapitaalintensief zowel wat betreft fysiek als menselijk kapitaal. Daarom stimuleert een toename van de kapitaalaccumulatie de innovatie door de winst te verhogen die voortkomt uit een succesvolle innovatie. Omgekeerd stimuleert innovatie de accumulatie van kapitaal door het marginaal product van kapitaal te verhogen.

D. Samenvatting

Deze sectie bespreekt de belangrijkste theoretische groeimodellen, beginnend bij het neoklassiek model en vervolgens kijkend naar de uitbreidingen van dit model. Het neoklassiek model heeft twee sleutelkenmerken: ten eerste afnemende meeropbrengsten van kapitaal, die impliceren dat kapitaalaccumulatie niet kan zorgen voor outputgroei op lange termijn. Ten tweede technologische vooruitgang, die de economische groei op lange termijn bepaald en exogeen is in het model. Het neoklassiek model is nauw verbonden met de techniek van de groeidecompositie, een veelgebruikte methode van meting van de bronnen van de economische groei, aangezien op korte termijn de outputgroei zowel kan resulteren uit investeringen als uit groei van de totale factorproductiviteit. De groeiboekhouding is een waardevol instrument voor de analyse van de bijdrage van ICT aan de productiviteitsgroei.

Endogene groeitheorie is ontstaan uit een reactie tegen het neoklassiek model, maar heeft zich ontwikkeld tot een onafhankelijke denkschool. Zoals de naam reeds suggereert was die reactie het resultaat van ontevredenheid over de implicatie van het neoklassiek model dat technische vooruitgang, de motor van de economische groei op lange termijn, exogeen is. Om de technische vooruitgang te endogeniseren, zijn de endogene groeimodellen gekenmerkt hetzij door niet-afnemende meeropbrengsten van kapitaal, hetzij door imperfecte concurrentie. Vooral dit laatste type endogene groeimodel is erg intuïtief.

Vanuit theoretisch perspectief is het moeilijk en misschien niet raadzaam om de balans tussen het neoklassiek model en de nieuwe groeimodellen op te maken, omdat deze grotendeels afhankelijk is van het standpunt dat wordt ingenomen. Solow (1994, p. 48) stelt dat “No one could ever have intended to deny that technological progress is at least partially endogenous to the economy. Valuable resources are used up in pursuit of innovation, presumably with some rational hope of financial success. [...] It would be very odd indeed if all that activity had nothing to do with the actual achievement of technological progress. The question is whether one has anything useful to say about the process, in the form that can be made part of an aggregative model.” Het theoretische vraagstuk over de exogeniteit van technische vooruitgang heeft geen afdoend antwoord.

De theoretische kwestie hoeft echter niet opgelost te worden alvorens deze modellen kunnen worden toegepast op praktische vragen, zoals deze rond de invloed van ICT op de productiviteitsgroei. Barro (1999) en Stiroh (2001) benadrukken de complementariteit van het neoklassiek model en de nieuwe groeimodellen vanuit praktisch perspectief. Ten eerste laat de groeiboekhouding toe om via een zorgvuldige meting van de relevante variabelen vast te stellen *wat* er veranderd is. Vervolgens kunnen de nieuwe groeimodellen helpen om te verklaren *waarom* de geobserveerde veranderingen hebben plaatsgevonden.



Conjunctuurcyclus

De grootste interesse in verband met de relatie tussen ICT en de economische activiteit gaat uit naar de invloed van ICT op de trendgroei zoals besproken in sectie III. De mogelijke effecten van de productie en diffusie van ICT op de economische cyclus hebben daarentegen veel minder aandacht gekregen. In deze sectie wordt gekeken naar de mogelijke relatie tussen de productie en diffusie van ICT en de volatiliteit van de economische activiteit.

A. Technologische vooruitgang

Fluctuaties van het bbp werden tot aan de jaren 1980 haast altijd toegeschreven aan schokken langs de vraagzijde van de economie. Deze verklaring van de conjunctuurcyclus kan worden omschreven als de “Keynesiaanse synthese”, waar outputfluctuaties het resultaat zijn van de interactie tussen tijdelijke schokken, zoals monetaire of budgettaire beleidsaanpassingen, en een rigide prijsniveau. Deze schokken zorgden voor schommelingen van de groei van de productie rond een vrijwel constante trend.

De idee dat technologischokken aan de basis liggen van de conjunctuurcyclus is de afgelopen twee decennia vooral beklemtoond in het onderzoek naar de reële conjunctuurcycli (“real business cycles” of RBC).¹ In RBC-modellen zijn conjunctuurcycli het resultaat van productiviteitsschokken die worden gemeten aan de hand van het Solow-residu. Aangezien technologische verbeteringen het bbp permanent verhogen, is het onderscheid tussen trend en cyclus hier niet langer van toepassing; de cycli komen voort uit een opeenvolging van permanente innovaties. Aanvankelijk was er een grote variabiliteit van het Solow-residu nodig om conjunctuurcycli te genereren in de RBC-modellen. Deze variabiliteit implieerde een grote kans op technologische achteruitgang, een fenomeen dat over het algemeen als onrealistisch wordt beschouwd. De kans op technologische regressie werd echter veel kleiner nadat het Solow-residu werd gecorrigeerd voor arbeidsinspanning en capaciteitsbenutting (zie bijvoorbeeld Burnside en Eichenbaum, 1996). Hierdoor kunnen kleine productiviteitsschokken zich voortzetten via de arbeidsinspanning en de capaciteitsbenutting om te leiden tot een belangrijke invloed op de economische activiteit.

Niettemin blijft er buiten de RBC-literatuur scepticisme bestaan tegenover het belang van technologischokken als oorzaak van conjunctuurcycli. Het argument luidt dat de diffusie van technologische verbeteringen doorgaans te gradueel verloopt om een belangrijke oorsprong van conjunctuurcycli te kunnen vormen. Volgens de orthodoxe visie zijn de cycli zowel het resultaat van exogene schok-

1. Zie bijvoorbeeld King en Rebelo (2000) voor een recent overzicht van de literatuur over reële conjunctuurcycli.

ken langs de vraagzijde als langs de aanbodzijde.¹ De late jaren 1990 zagen inderdaad een aantal gelijktijdige positieve ICT-schokken, namelijk de deregulering van de telecommunicatiesector in de Verenigde Staten (en beginnend in België), de overgang naar het jaar 2000, de omschakeling naar de euro en de commercialisering van het internet (IMF, 2001). Niettegenstaande deze eenmalige schokken zouden ICT echter ook een invloed kunnen hebben op de toekomstige cycli.

Afgezien van de exogene vraag- en aanbodschokken die aanleiding vormen van economische groeifluctuaties, worden cycli immers gekenmerkt door een aantal regelmatigheden. Dit wordt benadrukt door Zarnowitz (1999), die de cycli verklaart door de interactie tussen een aantal endogene variabelen, met name de winst, de investeringen en het krediet. Onder de componenten van de aggregatieve vraag zijn de investeringen de belangrijkste aanleiding van fluctuaties, terwijl bedrijfswinsten deze rol vervullen aan de inkomenszijde. De interactie tussen investeringen en winst loopt in beide richtingen. Op korte termijn is het vooral de bedrijfswinst die de investeringen bepaalt, terwijl de relatie op lange termijn eerder in de omgekeerde richting loopt: meer investeringen leiden tot meer groei, wat meer winst voortbrengt (op. cit., p. 77). Het krediet laat de financiering van dit proces toe onder de restrictie bepaald door het monetair beleid. De interacties tussen investeringen, winst en krediet versterken elkaar zowel in een expansie als in een teruggang. De fluctuaties in deze variabelen vormen een gemeenschappelijk kenmerk van conjunctuurcycli onder zeer verschillende monetaire regimes en wisselkoersregimes, zowel in de 19de als in de 20ste eeuw en zowel in Europa als in Amerika en Azië (op. cit., p. 73).

B. Belangrijkste implicaties van ICT

Volgens de OESO (2002) dienen *twee fasen* te worden onderscheiden bij de beoordeling van de impact van ICT op de cyclus. Enerzijds kan de economische cyclus beïnvloed worden tijdens de overgang naar een hogere trendgroei geassocieerd met het toegenomen gebruik van ICT. Anderzijds kan een groter aandeel van ICT in de economie de cyclus beïnvloeden nadat de hogere trendgroei bereikt is.

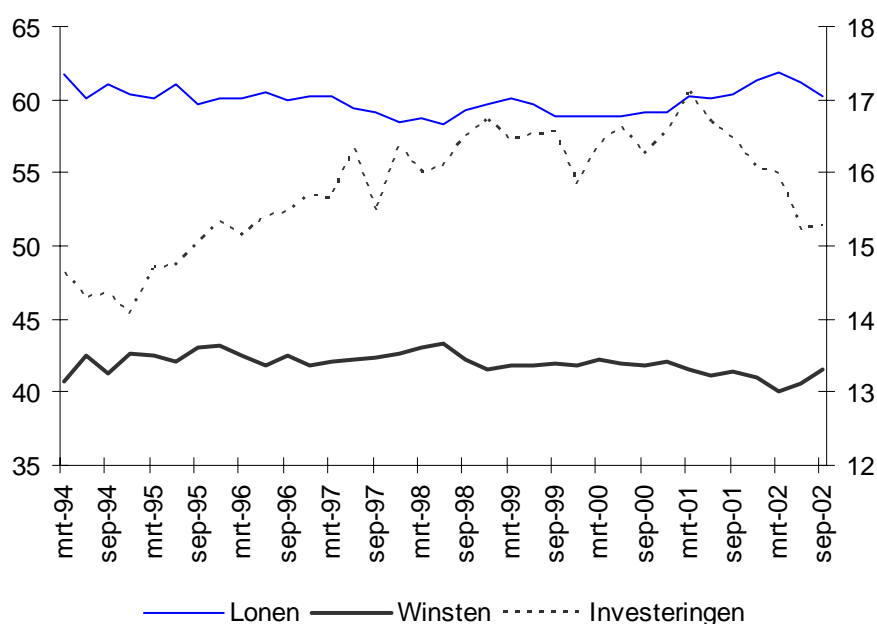
1. De meest recente cyclus

De invloed van ICT op de conjunctuurcyclus die zich tijdens de overgangsfase kan voordoen, is onzeker en is volgens de OESO (2002) vooral afhankelijk van de verwachtingen. Enerzijds is het mogelijk dat de economische activiteit zich slechts langzaam aanpast, indien de overgang naar snellere trendgroei niet volledig geanticipeerd is. Anderzijds kunnen ICT leiden tot overoptimistische groeiverwachtingen, met overinvesteringen en overwaardering van aandelenkoersen als gevolg. Dit laatste scenario heeft zich afgespeeld in de Verenigde Staten op het einde van de jaren 1990 en was een belangrijke aanleiding van de economische teruggang in 2001.

1. De visie op de cyclus als voortkomend uit exogene vraag- en aanbodschokken heeft veel aandacht gekregen in de econometrische literatuur over vectorautoregressieve modellen die de afgelopen 15 jaar ontstaan is.

De economische expansie van de late jaren 1990 werd gestuwd door het geloof dat een nieuwe periode van verhoogde productiviteitsgroei en daarmee geassocieerde winsttoename was aangebroken. Dit was in de eerste plaats het geval in de Verenigde Staten, maar in mindere mate ook in België en in andere geïndustrialiseerde landen. Deze expansie had volgens een aantal waarnemers verscheidene van de kenmerken van conjunctuurecycli voorafgaand aan de Eerste Wereldoorlog, een vergelijking die vooral relevant lijkt in het licht van de golf van financiële deregulering en globalisering van de afgelopen decennia. Zoals met de eerdere technologische revoluties besproken in sectie II (de stoommotor, elektriciteit, ...) was de initiële fase van de ICT-revolutie gekenmerkt door overdreven optimisme over de potentiële winst van innoverende ondernemingen. Dit overoptimisme leidde gedurende verscheidene jaren tot snel stijgende aandelenkoersen van ICT-ondernemingen, die het aanbod van durfkapitaal aanmoedigden (BIS, 2001). De lage kost van kapitaal deed de investeringen van ICT-ondernemingen enorm toenemen. Het durfkapitaal was vooral van belang in België, dat het hoogste aandeel investeringen van durfkapitaal in hoogtechnologische ondernemingen had van de Europese Unie in termen van het bbp (van Overbeke, 2001, p. 27). Zodoende werden consumptie en investeringen van brandstof voorzien door een speculatieve luchtbel in de aandelenmarkten, generationaliseerd door groei-vooruitzichten van de bedrijfswinsten die impliceerden dat het bbp uiteindelijk volledige door de winst zou worden geabsorbeerd.

FIGUUR 3 - Evolutie van lonen, winsten en bedrijfsinvesteringen in België, % van het bbp in de marktsector



De linker-as geeft het aandeel van lonen en winsten weer, en de rechter-as de investeringsquote. De winst bestaat uit het bruto exploitatieoverschot en het bruto gemengd inkomen. De beloning van de werknemers is de som van de lonen en de sociale premies. De investeringen zijn de bruto-investeringen van de ondernemingen. De gegevens zijn gecorrigeerd voor seizoensinvloeden en kalendereffecten.

Bron: INR (2003), Belgostat Online, januari.

Tijdens de economische expansie stegen de groei van het krediet, de aandelenkoersen, en de investeringen in kapitaalgoederen snel, vooral in de sectoren waar de toepassing van ICT het meest veelbelovend leek. De economische teruggang die volgde op deze fase was eveneens opvallend, omdat hij niet in de eerste plaats te wijten was aan een restrictief monetair beleid ten gevolge van versnellende inflatie, zoals dat het geval was bij de meeste groeivertragingen en recessies na de Tweede Wereldoorlog. De inflatie bleef immers onverwacht laag, zoals verder besproken wordt in sectie V. De economische teruggang was daarentegen een endogene reactie van de marktsector op de correctie van de aandelenmarkten en de opgebouwde overcapaciteit. De groeivermindering werd geleid door een scherpe daling van de winsten in de Verenigde Staten, die een weerspiegeling was van de beperkte mogelijkheden tot prijszetting en een toename van de compensatie van werknemers. In feite legden de huishoudens beslag op de reële productiviteitswinsten. Ook in België divergeerden de lonen en de winsten sterk vanaf het voorjaar van 2001, toen de investeringsquote zijn hoogtepunt bereikte, zoals wordt geïllustreerd in figuur 3. Geconfronteerd met deze omstandigheden, en daarenboven bemoeilijkt door stijgende energieprijzen, liquideerde de marktsector zijn voorraden en verminderde zijn kapitaalinvesteringen op grote schaal in 2001 (BIS, 2002). In tegenstelling tot de uitgaven van de marktsector, bleven de private consumptie en de residentiële investeringen sterk groeien in vergelijking met voorgaande economische dalingen.

2. De cycli gedurende een lange periode

Even relevant is echter de impact die ICT op de economische cyclus kunnen hebben terwijl de trendgroei zich op zijn evenwichtspad bevindt. In dit geval vormen ICT niet langer de katalysator van de expansie via de verhoging van de winstverwachtingen. Het toegenomen belang van productie en gebruik van ICT kan de cycli echter ook via andere kanalen beïnvloeden, maar deze effecten kunnen zowel dempend als versterkend zijn.

IMF (2001, p. 121) onderscheidt vier kanalen waarlangs dit kan plaatsvinden. Ten eerste wordt de binnenlandse conjunctuurcyclus van ICT-producerende landen in toenemende mate blootgesteld aan tot ICT gerelateerde schokken, naarmate het aandeel van de ICT-productie in de totale output groter wordt. Ten tweede zijn de reële en financiële koppelingen tussen landen dusdanig versterkt (mede dankzij ICT), dat de uitvoer, de directe buitenlandse investeringen en de aandelenmarkten van ICT-producerende landen gevoelig zijn voor verschuivingen in de globale vraag naar ICT-producten. Ten derde zorgt de financiering van ICT-ondernemingen via aandelen voor de mogelijkheid dat veranderingen in marktsentiment, in plaats van veranderingen in fundamentals, een drijfveer van globale ICT-cycli worden. Ten slotte kan het toenemend *gebruik* van ICT het tempo van de macro-economische aanpassing versnellen, en dus de economische cyclus dempen, via een verminderde volatiliteit van de voorraad- en bruto-investeringen. Omdat de ICT-producerende sector in België relatief klein is (zie Kegels *et al.*, 2002), wordt de hiernavolgende discussie geconcentreerd op het laatste kanaal, met name het effect van de diffusie van ICT op de conjunctuurcyclus.

Ten eerste laat het gebruik van ICT een beter *voorraadbeheer* toe, waardoor de economische fluctuaties zouden verminderen. De veranderingen in de voorraden vormen immers een kleine maar zeer volatiele component van de bestedingen van het bbp. De eerste kolom van tabel 2 geeft de bijdrage van de cyclische voor-

raadwijzigingen aan de cyclus van de finale vraag in België volgens Dobbelaere, Hertveldt en Lebrun (2002). Deze bijdrage bestaat uit het product van (i) het gewicht van de voorraadwijzigingen in de finale bestedingen, (ii) de relatieve standaardafwijking van de cyclische voorraadwijzigingen ten opzichte van de finale bestedingen, en (iii) de correlatie tussen beide variabelen. De bijdrage bedroeg 6 % gedurende de periode 1981-2000, en is het resultaat van de grote relatieve volatiliteit van de voorraadinvesteringen en de positieve correlatie met de finale bestedingen, ondanks het kleine gewicht van de voorraadwijzigingen in de finale vraag.

Voorraadwijzigingen versterken conjunctuurfluctuaties.¹ Een vertraging van de economische groei veroorzaakt een opbouw van voorraden, die vervolgens een tweede oorzaak wordt van de verzwakking van de output in de marktsector, bijvoorbeeld omwille van een verhoging van de kosten. Dit vertaalt zich in de positieve correlatiecoëfficiënt tussen de fluctuaties van de voorraadwijzigingen en van de finale bestedingen in de eerste kolom van tabel 2. Deze correlatie is bovendien het grootst wanneer ze gelijktijdig is en vermindert naarmate leads of lags langer worden; zie Dobbelaere *et al.* (2002, tabel 3).

TABEL 2 - Cyclische voorraadinvesteringen en bedrijfsinvesteringen - bijdragen aan de cyclus van de finale vraag in België

	Voorraadwijzigingen	Bedrijfsinvesteringen
Gewicht	0,03	0,08
Relatieve standaardafwijking ^a	4,65	3,37
Correlatie	0,36	0,67
Bijdrage 1981-2000	0,06	0,17
Bijdrage 1981-1990	0,06	0,27
Bijdrage 1991-2000	0,05	0,12

a. Relatieve standaardafwijking staat voor de verhouding tussen de standaardafwijking van de betrokken variabele en de standaardafwijking van de finale bestedingen.

Bron: Dobbelaere *et al.* (2002, tabel 2).

De ratio van voorraden ten opzichte van verkopen is geleidelijk gedaald tijdens de jaren 1990, een ontwikkeling die vooral wordt toegeschreven aan de toepassing van “just-in-time”-voorraadcontrolesystemen - zie bijvoorbeeld Zarnowitz (1999) en Fitzgerald (1997). Dit heeft hoogstwaarschijnlijk bijgedragen tot een stabilisatie van de economische groeifluctuaties.

Volgens Kahn, McConnell en Perez-Quiros (2002) zijn de verbeteringen in het voorraadbeheer dankzij ICT zelfs de voornaamste oorzaak van de stabilisatie van de Amerikaanse bbp-groei sedert de jaren 1980. Zij baseren hun stelling op twee argumenten. Ten eerste wordt het grootste deel van de vermindering van de geaggregeerde volatiliteit in de Verenigde Staten verklaard door de vermindering van de volatiliteit van de output in de sector van de vervaardiging van duurzame goederen. In deze sector zijn voorraadinvesteringen in termen van de verkopen het grootst. Ten tweede wordt de sterke daling van de volatiliteit in de productie

1. Voorraadwijzigingen zijn duidelijk procyclisch, in tegenstelling tot wat het theoretische “production smoothing model” voorspelt. Fitzgerald (1997) geeft een overzichtelijke bespreking van de wisselwerking tussen theorie en observatie van voorraden en conjunctuurcycli.

van duurzame goederen niet geëvenaard door een gelijkaardige vermindering van de volatiliteit van de verkopen van duurzame goederen. De vaststelling dat de stabielere productie geen reactie is op een stabielere vraag impliceert dat deze stabilisatie het gevolg is van verbeterd voorraadbeheer.

De impact van ICT op de conjunctuurcyclus via de voorraadinvesteringen dient echter genuanceerd te worden. Hoewel ICT bedrijven kunnen helpen om de opbouw van hun voorraden te beheersen bij een gegeven economische schok, kunnen ICT de grootte of de frequentie van de onderliggende schokken niet verlichten. Met andere woorden laten ICT toe om de productie vlugger aan te passen aan veranderingen in de verkopen, maar lossen ze het probleem van het voorspellen van de vraag niet op.¹ Bovendien is de bijdrage van de cyclische voorraadinvesteringen aan de cyclus van de finale vraag in België reeds klein in vergelijking met het gemiddelde van de eurozone: in de periode 1991-2000 bedroeg ze 5 % vergeleken met 13 % in de eurozone (Dobbelaere *et al.*, 2002, tabel 6). Dit komt doordat de Belgische economie een grotere graad van openheid vertoont dan de Europese economie. De finale bestedingen in België worden gedomineerd door de uitvoer, en de investeringen zijn van minder belang. Niettemin is de vermindering van de volatiliteit van de voorraden waarschijnlijk het belangrijkste kanaal waarlangs ICT de conjunctuurcyclus kunnen beïnvloeden.²

Een tweede kanaal waarlangs diffusie van ICT de volatiliteit van de economische activiteit kan beïnvloeden, is via de *bruto-investeringen*. Deze vormen eveneens een volatiele en procyclische component van de finale vraag, zoals wordt geïllustreerd in de tweede kolom van tabel 2. Enerzijds nemen de bruto-investeringen toe via investeringen in ICT-goederen, aangezien deze worden gekenmerkt door hoge depreciatievoeten. Anderzijds kan deze snelle depreciatie de volatiliteit van de bruto-investeringen over een lange horizon verminderen, omdat ze toelaat om investeringsplannen vlugger aan te passen na een economische schok (OESO, 2002, p. 150). De mogelijke invloed van ICT op de economische cyclus via het investeringskanaal is dus ambivalent. Niettemin is de bijdrage van de cyclische bedrijfsinvesteringen aan de economische fluctuaties in België meer dan gehalveerd gedurende de jaren 1990 in vergelijking met de jaren 1980, hoewel het verband van deze daling met ICT niet is vastgesteld.

De volatiliteit van het bbp van de geïndustrialiseerde landen, als gemeten door de gemiddelde daling van de bbp-groei van piek tot dal tijdens een recessie, is ongeveer gehalveerd na de Tweede Wereldoorlog (IMF, 2002). Deze daling is vooral toe te schrijven aan de fiscale stabilisatoren die geassocieerd zijn met de toename van de overheidsuitgaven en aan de verbeterde maatregelen om bankcrisissen te voorkomen. De redenen waarom de economische fluctuaties zijn verminderd tijdens de afgelopen decennia zijn minder duidelijk. In België nam de variabiliteit van alle componenten van het bbp behalve de consumptie af tussen de periode 1981-1990 en 1991-2000 (Dobbelaere *et al.*, 2002).

-
1. De abrupte liquidering van de voorraden tijdens de laatste recessie - in de Verenigde Staten kende het laatste kwartaal van 2001 de grootste reductie van de voorraden in 50 jaar - leidde sommigen tot het besluit dat bedrijven er ondanks het gebruik van ICT blijkbaar toch niet goed in slagen om hun voorraden te beheren. Kahn *et al.* (2002) argumenteren echter dat voorraden wel beter beheerd werden tijdens de laatste cyclus, maar dat de bedrijven werden verrast door een plotse toename van de consumptie ten gevolge van het goedkoop krediet.
 2. Sommigen (zie bijvoorbeeld Gelauff en de Bijl, 2000) associëren de verbeteringen in het voorraadbeheer bovendien niet met de recente ontwikkelingen in ICT, aangezien dit proces al geruime tijd bezig is.

Naast de invloed van ICT via verbeterde voorraadcontrole, kan dit ook te wijten zijn aan een aantal andere factoren. Er bestaan tenminste drie prominente verklaringen. Ten eerste het verbeterd monetair beleid: de volatiliteit van de inflatie is gedaald sinds het midden van de jaren 1980, nadat centrale banken meer onafhankelijkheid kregen om prijsstabiliteit na te streven. Door de inflatieverwachtingen te verankeren is ook de economische groei stabiel geworden. Ten tweede speelde de desynchronisatie van de grote economieën een rol. De grootste economieën waren uitzonderlijk sterk ontkoppeld gedurende de jaren 1990. Dit is een kwestie van geluk, dat in de huidige cyclus niet het geval is. Ten slotte heeft de deregulering van de financiële sector, via de toegenomen efficiëntie van de financiële markten, er voor gezorgd dat consumenten en ondernemingen hun uitgaven beter kunnen spreiden doorheen de tijd.

Minder overtuigende verklaringen voor het afvlakken van de economische cyclus zijn het toenemend gewicht van de dienstensector en de globalisering. Veel diensten, zoals telecommunicatie- en luchtvaartdiensten, reclame en financiële diensten zijn immers sterk procyclisch. Wat de globalisering betreft kunnen cycli zowel worden afgevlakt als versterkt, maar sinds de crisis in Zuidoost-Azië in 1997 en ook tijdens de laatste cyclus ging de verhoogde integratie gepaard met een versterking van de economische teruggang (The Economist, 2002).¹

C. Samenvatting

Samenvattend werden de late jaren 1990 gekenmerkt door overoptimistische groeiverwachtingen dankzij ICT, versterkt door een reeks positieve aan ICT gerelateerde schokken. De adoptie van ICT in het productieproces kan echter ook de weerkerende kenmerken van de conjunctuurcyclus beïnvloeden. De impact van ICT heeft hoogstwaarschijnlijk een stabiliserend effect via de voorraadinvesteringen, meer bepaald dankzij de verbeteringen op het gebied van voorraadbeheer. Via de bruto-investeringen kunnen ICT de fluctuaties zowel versterken als afzwakken, hoewel een stabilisatie wordt geconstateerd. De volledige impact op de volatiliteit van de economische activiteit kan dus zowel positief als negatief zijn. Hoewel er geen cijfers beschikbaar zijn over de impact van ICT op de Belgische conjunctuurcyclus, lijkt deze eerder bescheiden te zijn. De snellere aanpassing van voorraden en investeringsplannen na een schok, die door ICT wordt toegelaten, heeft vooral implicaties op micro-economisch vlak, maar is waarschijnlijk van minder belang op het macro-economisch niveau. Dat geldt in het bijzonder voor een open economie als de Belgische, waar de cyclus van de finale vraag voor het grootste deel wordt bepaald door de uitvoer en niet door de investeringen. Het monetair beleid en de desynchronisatie van de grote economieën hebben waarschijnlijk een belangrijkere rol gespeeld in de matiging van de cycli tijdens de afgelopen decennia.

1. The Economist, "Keeping a lower profile", Survey: The World Economy, 26 september 2002.



NAIRU

Bij de bespreking van de impact van ICT op de macro-economische productiviteitsgroei in sectie III staat de vraag centraal of ICT een invloed hebben op de potentiële groei of dat deze invloed slechts het tijdelijke resultaat van een investeringshauze was, gevoed door overoptimistische verwachtingen. In deze sectie wordt de invloed besproken die ICT kunnen hebben op de arbeidsmarkt, en meer bepaald op de NAIRU. De NAIRU is de werkloosheidsgraad bij constante inflatie, zodat afwijkingen er van een maat zijn van capaciteitsbenutting. De NAIRU heeft dan ook een rechtstreekse relatie met de economische trendgroei via de wet van Okun.¹ Daarom, en dankzij de onverwacht lage werkloosheid in de Verenigde Staten in de jaren 1990, is de vraag menigmaal gesteld of ICT een invloed hebben op de NAIRU, en indien ja, of deze permanent of tijdelijk is.

Intuïtief lijkt een technologieschok via versnelde productiviteitsgroei slechts een tijdelijke invloed te kunnen hebben op de NAIRU - hoe verzoent men anders de positieve productiviteitsgroei met een stationaire werkloosheidsgraad gedurende de afgelopen eeuw? Daarom is de belangrijkste invloed van ICT op de NAIRU waarschijnlijk van tijdelijke aard. Niettemin is het mogelijk dat ICT een permanente daling van de NAIRU teweegbrengen, dankzij het efficiënter samenbrengen van potentiële werknemers en werkgevers. Anderzijds kunnen ICT de NAIRU ook doen stijgen, door te leiden tot een toename van de werkloosheid van laaggeschoolde werkers die de toename van jobs voor hooggeschoolden overstijgt.

A. Definitie

De NAIRU of “non-accelerating inflation rate of unemployment” is de werkloosheidsgraad die consistent is met een constante inflatievoet. De NAIRU is dus een evenwichtswerkloosheidsgraad.² Indien de werkloosheid zich onder de NAIRU bevindt, zullen de lonen en vervolgens ook de prijzen stijgen. Omgekeerd zal er neerwaartse druk ontstaan op de prijzen en lonen wanneer de werkloosheid boven de NAIRU uitstijgt. Bijgevolg kunnen beleidsmakers monetaire noch budgettaire beleidsinstrumenten gebruiken om de werkloosheid te verminderen, tenzij tegen de kost van hogere inflatie. De enige manier om de werkloosheid op lange termijn te verminderen is door structurele maatregelen in de arbeidsmarkt door te voeren, die de NAIRU doen verminderen.

-
1. De empirische relatie die bekend staat als de wet van Okun, stelt dat een daling van 1 procentpunt in de werkloosheidsgraad is geassocieerd met een bijkomende stijging van de outputgroei van ongeveer 2 procent. Deze wetmatigheid impliceert dat de afwijking tussen de werkloosheidsgraad en de NAIRU volgens dezelfde verhouding gerelateerd is tot de afwijking tussen de potentiële productie en de feitelijke productie (de capaciteitsbenuttingsgraad).
 2. In Box 2 wordt ingegaan op de verschillen tussen de NAIRU en de natuurlijke werkloosheidsgraad.

Een veel gebruikt theoretisch kader voor de NAIRU is het *wage-setting price setting-model* van Layard *et al.* (1992). De loonzetters bepalen het loon ten opzichte van de prijzen, terwijl de prijszetters de prijzen zetten relatief tegenover het loon. Opdat de inflatie stabiel is, moet het reële loon dat loonzetters en prijszetters wensen gelijk zijn. Die gelijkheid wordt bereikt door de aanpassing van de werkloosheidsgraad. De werkloosheid is dus het mechanisme waardoor de aanspraken die werknemers en werkgevers maken op de nationale productie met elkaar in overeenstemming wordt gebracht.

Een eenvoudige formele uiteenzetting kan duidelijkheid brengen. Ondernemingen bepalen hun outputprijs als een *mark-up* over de verwachte lonen. De mark-up kan stijgen naarmate de economische activiteit toeneemt en de werkloosheidsgraad daalt.

$$p_t - w_t^e = \beta_0 - \beta_1 u \quad (\beta_1 \geq 0), \quad (22)$$

waarbij p_t de log is van de prijzen (P_t), w_t^e de log van de verwachte lonen (W_t^e) en u de werkloosheidsgraad is. De coëfficiënt β_0 bevat “price-push”-factoren zoals olieschokken of productiviteitsschokken, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen factoren met een tijdelijke en met een permanente impact (*cf. infra*). De arbeiders zetten het loon op hun beurt als een mark-up over de verwachte prijzen, die toeneemt naarmate de werkloosheidsgraad daalt.

$$w_t - p_t^e = \gamma_0 - \gamma_1 u \quad (\gamma_1 > 0) \quad (23)$$

Hier is w_t de log van het loon (W_t) en p_t^e de log van de verwachte prijs (P_t^e). De coëfficiënt γ_0 bevat “wage-push”-factoren, waaronder werkloosheidsuitkeringen en vakbondsmacht.

In figuur 4 worden de prijsvergelijking (22) en de loonvergelijking (23) weergegeven. De prijsvergelijking geeft de combinaties van het reëel loon en de werkgelegenheid die consistent zijn met de tewerkstelling van de onderneming. Op middellange termijn, wanneer alle productiefactoren variabel zijn, is het reëel loon onafhankelijk van de werkgelegenheid ($\beta_1 = 0$). De loonvergelijking geeft een stijgend reëel loon weer in functie van de werkgelegenheid, voor een gegeven reservatieloon. Dat is het loon waarbij een werkzoekende indifferent is om een arbeidsbetrekking al dan niet aan te nemen.¹

Uit de som van vergelijking (22) en (23) volgt dat:

$$u_t = \frac{\beta_0 + \gamma_0 - (p_t - p_t^e) - (w_t - w_t^e)}{\beta_1 + \gamma_1}. \quad (24)$$

De evenwichtswerkloosheidsgraad wordt bekomen wanneer lonen en prijzen hun verwachte waarde realiseren:

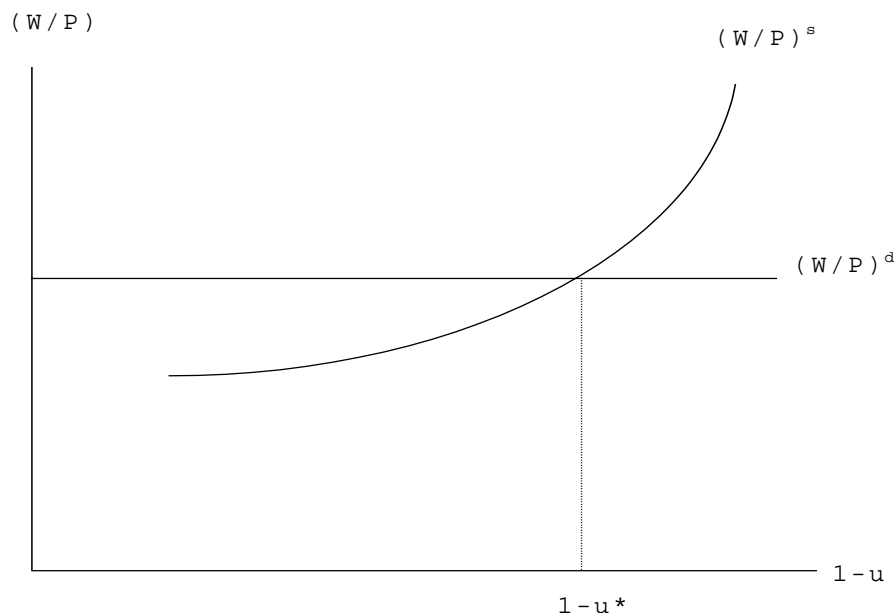
$$u^* = \frac{\beta_0 + \gamma_0}{\beta_1 + \gamma_1}. \quad (25)$$

1. In paragraaf V.B wordt dieper ingegaan op het reservatieloon en zijn determinanten.

Vergelijkingen (24) en (25) impliceren dat:

$$u_t = u^* - \frac{(p_t - p_t^e) + (w_t - w_t^e)}{\beta_1 + \gamma_1}. \quad (26)$$

FIGUUR 4 - Determinanten van de NAIRU



Om de afruil tussen inflatie en werkloosheidsgraad te bekomen, wordt verondersteld dat de onverwachte veranderingen in lonen en prijzen identiek zijn.¹ Dan kan vergelijking (26) herschreven worden als:

$$p_t - p_t^e = -\theta(u_t - u^*), \quad (27)$$

waarbij $\theta \equiv (\beta_1 + \gamma_1)/2$. Als inflatieverwachtingen bovendien adaptief zijn, is de verwachte inflatie gelijk aan de inflatie van de voorgaande periode, wat impliceert dat:

$$\Delta p_t - \Delta p_{t-1} = -\theta(u_t - u^*), \quad (28)$$

waar $p_t^e - p_{t-1}^e = \Delta p_{t-1}$ zodat $p_t - p_t^e = \Delta p_t - \Delta p_{t-1}$. Vergelijking (28) geeft de Phillips-curve weer: wanneer de werkloosheid kleiner is dan u^* , stijgt de inflatie, en vice versa.

1. De afruil tussen werkloosheid en inflatie kan dus zowel worden gespecificeerd in termen van nominale looninflatie, zoals oorspronkelijk door Phillips (1958), als in termen van prijsinflatie, zoals nadien door Samuelson en Solow (1960) en zoals in vergelijking (28).

De evenwichtswerkloosheidsgraad u^* is met andere woorden de werkloosheidsgraad bij constante inflatie oftewel de NAIRU.¹

Box 2: NAIRU versus natuurlijke werkloosheidsgraad

Er bestaat discussie over het belang om een onderscheid te maken tussen de begrippen NAIRU en natuurlijke werkloosheidsgraad. Enerzijds wordt de visie verdedigd dat beide begrippen fundamenteel van elkaar verschillen en zelfs een sterke breuklijn vormen tussen neoklassieke en neoklassieken economisten. Anderzijds wordt gesteld dat NAIRU en natuurlijke werkloosheidsgraad synoniemen zijn, die hooguit om historische en niet-essentiële redenen naast elkaar blijven bestaan.

Aan de ene kant zouden de gereduceerde modellen van de NAIRU en de natuurlijke werkloosheidsgraad wel identiek zijn, maar verschillen de onderliggende structurele modellen sterk van elkaar. Volgens Tobin (1998) is de NAIRU een macro-uitkomst van een economie met vele arbeidsmarkten die allemaal in een staat van excessaanbod of excessvraag verkeren. Arbeidsmarkten met excessvraag oefenen opwaartse druk uit op de inflatie, terwijl arbeidsmarkten met excessaanbod een negatieve invloed op de inflatie hebben. De NAIRU is dus een aggregaat van markten in onevenwicht. De natuurlijke werkloosheidsgraad, zoals Friedman (1968) hem beschreef, is daarentegen een kenmerk van het Walrasiaans algemeen evenwicht. Het is de werkloosheidsgraad die het systeem van Walrasiaanse vergelijkingen zou voortbrengen indien zij de structurele kenmerken van de arbeids- en productmarkten (marktimperfecties, stochastische variabiliteit van vraag en aanbod, kost van informatie en mobiliteit, ...) zouden bevatten. De natuurlijke werkloosheidsgraad is dus een aspect van een neoklassiek model.

Aan de andere kant worden de begrippen NAIRU en natuurlijke werkloosheid echter heel vaak als synoniemen beschouwd, aangezien de verschillen verwaarloosbaar zouden zijn (zie bijvoorbeeld Gordon (1997), Blanchard en Katz (1997), Stiglitz (1997)). Volgens Ball en Mankiw (2002) volgen de concepten NAIRU en natuurlijke werkloosheidsgraad uit iedere theorie die stelt dat veranderingen in het monetair beleid - of meer algemeen veranderingen in de aggregatieve vraag - de inflatie en de werkloosheid op korte termijn in tegenovergestelde richtingen duwt. Eenmaal men deze kortetermijnafruul aanvaardt, moet er een bepaald niveau van werkloosheid bestaan dat consistent is met constante inflatie. De NAIRU is daarom bij benadering een synoniem voor de natuurlijke werkloosheidsgraad.

De NAIRU is niet constant maar wordt bepaald door structurele aanbodfactoren, zoals de structuur en de instellingen van de arbeidsmarkt, het uitkeringsstelsel, de demografie van de arbeidsmarkt, en varieert dus geleidelijk in de tijd. In deze sectie gaat de interesse uit naar de mogelijke impact van een technologische schok - een specifieke aanbodschock - op de NAIRU. Het loont daarom de moeite om het model in vergelijking (28) te nuanceren door te verduidelijken welke economische schokken de NAIRU kunnen beïnvloeden.

1. Layard *et al.* (1992, p. 20) bespreken de verschillen tussen hun model en het neoklassiek model. In een neoklassiek model wordt de prijsvergelijking (22) beschouwd als de *arbeidsvraagcurve* van ondernemingen die in een perfect concurrentiële productmarkt werken. De arbeidsvraag is niet beïnvloed door geldillusie of nominale inertie. De prijsvergelijking (22) geeft daarentegen de relatie tussen prijs en werkgelegenheid weer die consistent is met het winstmaximaliserende gedrag van monopolistisch concurrentiële ondernemingen. Bovendien is hier wel sprake van nominale inertie vanwege menu-kosten, gespreide prijszetting (*staggering*) en productievertragingen. De loonvergelijking (23) is in het neoklassieke model een *arbeidsaanbodvergelijking*, die als onderscheidend kenmerk heeft dat de arbeidsmarkt steeds in evenwicht is. Cyclische veranderingen in het arbeidsaanbod komen dus overeen met veranderingen in de hoeveelheid arbeid die men wenst aan te bieden op basis van intertemporele substitutie tussen arbeid en vrije tijd.

In Gordon's (1997) driehoeksmodel ("triangle model") van inflatie wordt de inflatievoet bepaald door drie determinanten, namelijk inertie (waaronder verwachtingen), vraag en aanbod. Het verschil tussen de werkloosheidsgraad en de NAIRU is een vraagfactor in het model. In de context van dit model definieert Gordon de "no-supply-shock NAIRU", zijnde de werkloosheidsgraad die consistent is met constante inflatie in de afwezigheid van aanbodschokken. Als men het effect van aanbodschokken op de inflatie niet zou controleren, zou de NAIRU immers op en neer gaan met iedere aanbodschock. De aanbodfactoren die Gordon (1997, p. 20) in zijn empirische specificatie onderscheidt, zijn verandering in de relatieve invoerprijzen en in de relatieve prijs van voeding en energie, plus de afwijking van de productiviteitsgroei van zijn trend.

Het is intuïtief duidelijk dat een technologische schok zoals de ontwikkeling van ICT tot een andere categorie behoort dan een verandering van bijvoorbeeld de relatieve invoerprijzen. Daarom maken Turner *et al.* (2001) een onderscheid tussen tijdelijke aanbodschokken en permanente aanbodschokken. Ze definiëren de NAIRU als de werkloosheidsgraad in de afwezigheid van tijdelijke aanbodschokken (Gordon's (1997) "no-supply-shock NAIRU") en de "langetermijn-NAIRU" als deze waarnaar de werkloosheidsgraad convergeert in afwezigheid van alle aanbodschokken, ook deze met een impact op lange termijn.

In overeenstemming met deze studies wordt de NAIRU in de rest van deze sectie ook beschouwd als de evenwichtswerkloosheidsgraad in afwezigheid van tijdelijke aanbodschokken, die echter wel kan worden beïnvloed door schokken met een langdurig effect zoals, in het bijzonder, de vooruitgang in ICT.

B. Determinanten

In deze paragraaf wordt dieper ingegaan op de factoren die verklaren waarom er in evenwicht onvrijwillige werkloosheid bestaat. In de literatuur over de NAIRU worden de determinanten van de NAIRU opgedeeld in twee grote benaderingen (zie bijvoorbeeld Koning, 1999). De eerste benadering spitst zich toe op het functioneren van de arbeidsmarkt, terwijl de tweede benadering onvrijwillige werkloosheid in een evenwichtige arbeidsmarkt verklaart door de manier waarop de lonen worden bepaald.

De eerste benadering wordt vaak omschreven als de *zoek-en-matching*-benadering. Deze gaat uit van de observatie dat de arbeidsmarkt wordt gekenmerkt door fricties, die voor zowel werknemers als werkgevers de mogelijkheid creëren om te onderhandelen over het loon. Indien de werknemer van werk verandert, kost dit immers aan beiden tijd en geld (Pissarides, 2000).

De oorzaken van werkloosheid worden in deze benadering geanalyseerd in termen van zoek en matching in plaats van vraag en aanbod. Enerzijds creëren de ondernemingen jobs om hun winst te maximaliseren. Anderzijds zoeken individuen een job door een bepaald reservatieloon te kiezen, en de jobs met een hoger loon dan hun reservatieloon te accepteren. Het reservatieloon wordt zo gekozen dat de kosten en baten van verder zoeken gelijk zijn. In een eenvoudig model zijn de kosten van verder zoeken gegeven door het gemiste loon, terwijl de baten worden gevormd door de verwachting een onderneming te vinden die een hoger loon betaalt. De kans om een match te realiseren tussen de onderneming en de werkzoekende wordt afgeleid van de geaggregeerde matching-functie, die het

aantal gevormde jobs (“matches”) weergeeft in functie van het aantal werkzoekenden en het aantal vacatures.¹

Box 3: Phillips-curve versus looncurve

De standaard Phillips-curve specificeert een inverse relatie tussen de inflatie en de werkloosheidsgraad. De theoretische en empirische grondslag van de Phillips-curve werd echter in vraag gesteld door Blanchflower en Oswald (1995). Zij argumenteren dat de werkloosheidsgraad gerelateerd is tot het niveau van de lonen eerder dan tot de groeivoet van de lonen, met andere woorden, er is geen Phillips-curve maar een looncurve.^a De resultaten van hun micro-econometrisch onderzoek duiden namelijk op een autoregressieve coëfficiënt van het loon die kleiner is dan 1.

De looncurve van Blanchflower en Oswald is echter langs verschillende kanten bekritiseerd. Blanchard en Katz (1997) bekritisieren de gegevens die Blanchflower en Oswald gebruikten. Ze specificeren een loonvergelijking in termen van de groeivoet van het loon, samen met een *error correction*-mechanisme dat een langetermijnrelatie toelaat tussen het niveau van het loon en de werkloosheidsgraad. Deze vergelijking levert schattingen van de autoregressieve component die dicht bij 1 liggen.

Whelan (1997) toont aan dat met de assumptie van een constante mark-up, die de groei van de nominale lonen en de prijzen gelijkschakelt, de dynamiek van het reëel loon op micro-economisch vlak geen observeerbare implicaties heeft voor de macro-economische schattingen van de Phillips-curve. Veranderingen in de autoregressieve coëfficiënt van een micro-economische loonvergelijking, resulteren op macro-economisch vlak enkel in veranderingen van het intercept van de loonvergelijking (veranderingen in γ_0 in vergelijking (23)).

a. Noteer dat vergelijking (28) kan herschreven worden als $\Delta w_t = \Delta w_{t-1} - \theta(u_t - u^*)$.

Afhankelijk van de situatie op de arbeidsmarkt, kunnen de loonsonderhandelingen leiden tot lonen die dicht bij het reservatieloon liggen of tot lonen die ver boven het reservatieloon liggen. In een krappe arbeidsmarkt zijn de lonen hoger omdat de verwachte duur van werkloosheid lager is. De arbeidsmarkt is in evenwicht als de stromen in en uit de werkloosheid aan elkaar gelijk zijn. Zelfs in dat geval is er frictionele werkloosheid, aangezien er voortdurend mensen op zoek zijn naar (beter) werk, en ondernemingen op zoek naar geschikte werknemers.

Volgens de tweede benadering is de NAIRU groter dan nul omdat de evenwichtslonen boven hun marktklarend niveau worden gezet. Er zijn tenminste drie modellen over *loonsbepaling*: modellen waarbij de arbeidsmarkt in evenwicht niet wordt geklaard omdat dat in het belang van de werknemers is; modellen van efficiëntielonen, waarbij de arbeidsmarkt in evenwicht niet wordt geklaard omdat dat in het belang van de ondernemingen is; en competitieve modellen, die vooral de werkloosheid van laaggeschoolde werkers verklaren.

Ten eerste kan onvrijwillige werkloosheid ontstaan omdat de werknemers hier belang bij hebben. Indien vakbonden monopolie-macht uitoefenen in de arbeidsmarkt, leidt dit tot een evenwichtsloon dat het competitief marktloon overstijgt met werkloosheid als gevolg. Deze verklaring van onvrijwillige werkloosheid schiet echter tekort op twee punten. Enerzijds legt ze niet uit waaraan de vakbonden hun monopolie-macht ontleenen, en anderzijds leidt ze tot het resultaat dat de lonen procyclisch zijn.

1. De juiste maat van de situatie op de arbeidsmarkt is in dit geval niet de werkloosheidsgraad maar wel de uitstroom uit de werkloosheid, gedefinieerd als het aantal indienstnames gedeeld door het aantal werklozen.

Insider outsider-modellen bieden een oplossing voor deze tekortkomingen. Deze modellen vertrekken van de vaststelling dat de kosten van het arbeidsverloop binnen een onderneming een zekere macht geven aan de werknemers van de onderneming. Deze macht wordt door de werknemers gebruikt om een hoger loon te bekomen. Volgens Lindbeck en Snower (1988) bestaan de kosten van arbeidsverloop niet alleen uit de kosten van recrutering, opleiding en ontslag. Deze kosten kunnen ook geassocieerd zijn met samenwerking tussen insiders en het boycotten van nieuw aangeworven outsiders in de onderneming. Samenwerking zou de productiviteit van de insiders verhogen, terwijl het treiteren van de outsider diens productiviteit en nut zou verlagen en bijgevolg zijn reservatieloon verhogen. Daardoor zijn outsiders niet in staat om hun arbeid tegen een lager loon aan te bieden, en ontstaat er onvrijwillige werkloosheid. Een conjunctuurtename leidt hetzij tot hogere lonen hetzij tot grotere werkgelegenheid, afhankelijk van de grootte van de conjunctuurstijging en de groep insiders.

Ten tweede kan onvrijwillige werkloosheid ontstaan omdat de werkgevers daar belang bij hebben. De grond voor het bestaan van *efficiëntielonen* is de observatie dat de productiviteit van een werknemer mee wordt bepaald door zijn loon. Werkgevers zijn daarom bereid om meer te betalen dan het reservatieloon, om de productiefste werknemers te verkrijgen en te behouden of om de motivatie en inspanning van de werknemers te verhogen. Het loon dat als aansporingsmiddel dient overstijgt het marktloon, met onvrijwillige werkloosheid als gevolg. Modellen van efficiëntielonen verklaren waarom lonen kunnen gebruikt worden als aansporingsmiddel.

Een vaak gegeven verklaring van lonen als stimulans voor de efficiëntie van werknemers, is dat werknemers zich proberen te onttrekken aan hun taak ("shirking" volgens Shapiro en Stiglitz, 1984). De onderneming probeert luie werknemers te betrappen om ze dan te ontslaan. De kost van zich te onttrekken aan zijn taak is bepaald door het verschil tussen het huidige loon en het inkomen nadat men ontslagen is. Door een hoger loon te betalen verhoogt de onderneming dus de kost van "shirking" voor de werknemer. Met betrekking tot de conjunctuurschommelingen op de arbeidsmarkt, impliceert dit model dat een daling van de werkloosheid gepaard gaat met hogere efficiëntielonen en vice versa. Als de arbeidsmarkt betere perspectieven biedt voor een werkzoekende, moet de werkgever immers een hoger loon betalen om te vermijden dat de kost van shirking afneemt.¹

In de derde benadering wordt de werkloosheid beschouwd als het resultaat van slechte arbeidsmarktvoorwaarden. Deze zogenaamde *competitieve benadering* is voornamelijk van toepassing op laaggeschoolde werkzoekenden. Zij hebben geen sterke onderhandelingsmogelijkheden omdat ze relatief makkelijk vervangbaar zijn. Bovendien ontvangen ze geen efficiëntielonen omdat kwaliteitsverschillen tussen werknemers van weinig belang zijn voor routine-werk. De slechte arbeidsmarktvoorwaarden kunnen met zich meebrengen dat het loon van een aantal laaggeschoolde individuen onder hun reservatieloon ligt, waardoor zij kiezen om niet te werken; het betreft hier dus vrijwillige werkloosheid.

1. Een andere mogelijke verklaringen voor efficiëntielonen is "quitting": er zijn werknemers die blijven en werknemers die vertrekken. De onderneming wil zoveel mogelijk blijvers en betaalt een hoger loon om zoveel mogelijk vertrekkers over te halen om te blijven. Verder zijn er sociologische modellen, die het hoger loon beschouwen als een gift van de onderneming, ter compensatie van de extra inspanning die de werknemer haar als gift geeft.

C. Empirische resultaten

De empirische kennis van de NAIRU vertoont een grote achterstand op de diversiteit van het geheel van theoretische NAIRU-modellen. De NAIRU is immers een latente variabele gekenmerkt door diverse conceptuele en empirische problemen. Bijgevolg bestaan er talrijke schattingsmethodes en evenveel schattingsresultaten van de NAIRU. Deze methodes kunnen in drie categorieën worden onderverdeeld.

Ten eerste de *structurele methodes*, waarbij het geaggregeerde loon- en prijszettingsgedrag in structurele vorm wordt gemodelleerd zoals in paragraaf V.A. Ten tweede *statistische methodes*, die de NAIRU schatten aan de hand van een reeks statistische technieken die een decompositie van de werkloosheidsgraad toelaten in een trendgedeelte en een cyclisch deel. Ten derde kunnen de structurele en statistische methodes worden gecombineerd. In deze *gereduceerde vorm-benadering* wordt de NAIRU geschat op basis van een model in gereduceerde vorm, doorgaans een Phillips-curve, waarbij statistische methodes worden gebruikt om bepaalde identificerende restricties op te leggen. De eenvoudigste restrictie wordt gegeven door een constante NAIRU. Dit is echter geen realistische veronderstelling, in het bijzonder voor de Europese landen. Een bekende studie met een doorheen de tijd variërende NAIRU is het reeds vernoemde werk van Gordon (1997) voor de Verenigde Staten. Turner *et al.* (2001, pp. 176-181) geven een uitgebreid overzicht van de recente empirische literatuur binnen deze drie categorieën.

TABEL 3 - Schatting van de NAIRU (%)

	1980	1985	1990	1995	1999
België	5,5	6,8	8,4	8,0	8,2
Euro-zone	5,5	7,1	8,8	9,2	8,8
Frankrijk	5,8	6,5	9,3	10,3	9,5
Duitsland	3,3	4,4	5,3	6,7	6,9
Nederland	4,7	7,5	7,5	6,1	4,7
Verenigd Koninkrijk	4,4	8,1	8,6	6,9	7,0
Verenigde Staten	6,1	5,6	5,4	5,3	5,2

Bron: Turner *et al.* (2001, tabel 2).

Aan de hand van een gereduceerde vorm-methode, waarbij een Phillips-curve wordt geschat met behulp van de Kalman filter, bekomen Turner *et al.* (2001) resultaten voor de NAIRU van 21 OESO-landen. Hun schattingsresultaten worden voor een aantal landen weergegeven in tabel 3. Denis *et al.* (2002) geven schattingen van de NAIRU van de Europese lidstaten tussen 1981 en 2003 op basis van dezelfde methode. Deze liggen vrij dicht bij de cijfers in tabel 3: voor België bekomen ze een NAIRU gelijk aan 8,5 % in 1995, die daalt naar 8,1 % in 1999 en 7,3 % in 2001. Verlinden (1997) rapporteert een aantal schattingen van de Belgische NAIRU tot 1990. Schattingen van de NAIRU zijn over het algemeen echter omgeven door grote onzekerheid en kunnen dan ook sterk uiteenlopen.

D. Technologische vooruitgang

Er kunnen tenminste drie kanalen onderscheiden worden waarlangs technologische schokken de NAIRU mogelijk beïnvloeden. Ten eerste via een verhoging van de productiviteitsgroei, ten tweede via de matching-technologie, en ten derde als de technologischok vaardigheidsvertekend (“skill-biased”) is. In het eerste geval wordt verondersteld dat technische vooruitgang resulteert in een uniforme productiviteitsverhoging, waarbij de nieuwe technologie de productiviteit van alle sectoren op dezelfde manier en in dezelfde mate aantast. In het tweede en derde geval kan technologische verandering een verschillende impact hebben op de werkgelegenheid in verschillende sectoren van de economie of op de productiviteit van verschillende types arbeiders.

Ten eerste verhoogt een permanente positieve technologischok de geaggregeerde productiviteit. Dit leidt tot een opwaartse verschuiving van de prijsvergelijking in figuur 4 (een stijging van β_0 in vergelijking (22)). De resulterende verlaging van de evenwichtswerkloosheidsgraad wordt echter geneutraliseerd door een evenredige opwaartse verschuiving van de loonvergelijking, waardoor het effect op de NAIRU slechts van tijdelijke duur is. Die verschuiving doet zich voor omdat het *reservatieloon* zich eveneens aan de technologische vooruitgang aanpast.

In een zoek-en-matching-model wordt het reservatieloon van een werkzoekende bepaald door de gelijkheid van kosten (het gemiste loon) en baten (de kans op een hoger loon) van het zoeken naar een job. Stel dat de productiviteit van alle jobs toeneemt en dat zowel werknemers als werkgevers dit beseffen. In dat geval verschuift de waarschijnlijkheidsverdeling van de lonen waarmee de werkzoekende geconfronteerd wordt, naar rechts. Bijgevolg stijgen ook de kosten en baten van het zoeken evenredig met de lonen. Het reservatieloon dat de kosten en baten gelijkenschakelt, stijgt eveneens evenredig. Aangezien het reservatieloon ook is gestegen, blijft de kans dat de werkzoekende een job vindt onveranderd na de productiviteitsschok, waardoor ook de werkloosheidsgraad gelijk blijft. De verschillende factoren die verklaren waarom het reservatieloon op middellange termijn kan achterblijven op veranderingen in de productiviteit worden hierna in beschouwing genomen.

Het reservatieloon wordt beïnvloed door tenminste vier factoren (zie bijvoorbeeld Blanchard en Katz, 1997). Ten eerste is het een functie van de *inkomenssteun* die de werkzoekende tot zijn beschikking heeft. Werkloosheidsuitkeringen kunnen worden beschouwd als een subsidie voor het zoeken naar werk. Indien de uitkeringen niet worden aangepast aan de reële loonstijging volgend op een productiviteitsschok, wordt het verschil tussen zoekkosten en -baten van de werkzoekende groter. Om kosten en baten opnieuw gelijk te schakelen, past deze zijn reservatieloon minder dan evenredig aan de reële loonstijging aan. Dit leidt tot een tijdelijke daling van de NAIRU. Op lange termijn is het echter het meest waarschijnlijk dat de inkomenssteun toeneemt in gelijke tred met de lonen en dus met de productiviteit, waardoor deze component van het reservatieloon parallel met het reële loon stijgt.

Een tweede factor wordt gevormd door de grotere mogelijkheden tot vrije tijdsbesteding en thuisproductie van de werkloze. Dit zijn alternatieve tijdsbestedingen die vergelijkbaar zijn met een subsidie voor werkloosheid. Indien de waarde van de vrije tijd voor een werkloze niet verandert na een

productiviteitsstijging, stijgt de relatieve kost van de werkloosheid, met een neerwaartse druk op de werkloosheidsgraad tot gevolg. Opnieuw is het echter het meest aannemelijk dat een productiviteitsstijging de markt- en niet-marktactiviteiten op dezelfde manier beïnvloedt.¹

Een derde factor die het reservatieloon kan beïnvloeden is het *niet-arbeidsinkomen* en de *toegang tot krediet* waarover de werkzoekende beschikt. Wederom kunnen tijdelijke afwijkingen optreden, maar lijkt het waarschijnlijk dat een productiviteitsstijging op termijn het arbeids- en niet-arbeidsinkomen op dezelfde manier beïnvloedt.

Ten slotte kan het reservatieloon ook de aspiraties van de werkers belichamen. Men spreekt in dat geval ook van het aspiratieloon. Zolang de loonaspiraties na een technologische schok niet worden aangepast aan het nieuwe, hogere productiviteitsniveau, oefenen ze een neerwaartse druk uit op de NAIRU. Mogelijkerwijze is dit effect heel persistent. Wanneer de aspiraties echter uiteindelijk aan de realiteit worden aangepast, volgt het reëel loon de productiviteitsstijging en keert de NAIRU terug naar het niveau dat de productiviteitsschok voorafging.

Het reservatieloon stijgt dus telkens proportioneel met het reëel loon, waardoor de prijs- en looncurve evenredig stijgen na een toename van de productiviteit. Op lange termijn lijken bovenstaande aanpassingen zeker plaats te vinden, zodat groei van de productiviteit geen impact heeft op de evenwichtswerkloosheidsgraad. Niets belet echter dat een productiviteitsschok via het reservatieloon tijdelijk de NAIRU beïnvloedt. Zoals besproken in de definitie op het eind van paragraaf V.A, kan de NAIRU immers variëren ten gevolge van aanbodschokken met een permanente impact, hoewel schokken met een tijdelijk effect worden gecontroleerd. Indien de werkzoekenden hun reservatieloon om een van de bovenvermelde redenen niet onmiddellijk aanpassen aan een productiviteitsschok, kan deze dus een tijdelijk effect op de evenwichtswerkloosheidsgraad uitoefenen. Als de ondernemingen bijvoorbeeld wel weten dat de productiviteit verbeterd is, maar de werkzoekenden dit niet beseffen, wijzigen deze laatsten hun reservatieloon niet en ontvangen bijgevolg veel meer aanvaardbare jobaanbiedingen. De NAIRU daalt hierdoor, zolang de werkzoekenden zich niet realiseren dat de productiviteit is toegenomen.

Een tweede kanaal langs waar een technologische schok de NAIRU kan beïnvloeden, is via de matching-functie. Die geeft het aantal gevormde jobs weer in functie van het aantal werkzoekenden en het aantal vacatures. De afruil tussen de werkloosheid en het aantal vacatures wordt beschreven door de Beveridge-curve. Een technologische schok kan op twee heel verschillende manieren de matching-functie en dus de Beveridge-curve beïnvloeden.

Eenzijds kan technologische vooruitgang gepaard gaan met structurele verandering. Creatieve destructie verhoogt het ritme waartegen jobs worden vernietigd en nieuwe jobs worden gecreëerd. In de mate dat dit leidt tot een grotere in- en uitstroom op de arbeidsmarkt zal ook de evenwichtswerkloosheidsgraad verhogen. Structurele verandering kan dus de matching van potentiële werknemers en

1. De vaststelling dat de arbeidsduur niet systematisch toeneemt naarmate de reële lonen stijgen suggereert dat de waarde van een extra uur vrije tijd evenredig toeneemt met de waarde van een reële loonstijging.

werkgevers bemoeilijken en dit effect zou zich manifesteren via een uitwaartse verschuiving van de Beveridge-curve.

Anderzijds is het mogelijk dat, afhankelijk van de aard van de nieuwe technologie, een technologische schok een positieve impact heeft op de matching-technologie. Indien de technologische schok het aantal matches verhoogt voor een gegeven aantal werklozen en een gegeven aantal vacatures, dan zal de evenwichtswerkloosheidsgraad verminderen. Dit kan zich voordoen indien de nieuwe technologie de zoekkosten verlaagt. De Beveridge-curve zou in dat geval inwaarts schuiven, en dit effect kan in principe van permanente duur zijn.

Via het derde kanaal kan technologische vooruitgang een verschillende impact hebben op verschillende types werknemers. De hypothese van vaardigheidsvertekende technische vooruitgang stelt dat de factor arbeid heterogeen is en dat technische vooruitgang de productiviteit van de verschillende types arbeiders op een uiteenlopende manier beïnvloedt. Als technische vooruitgang skill-biased is, kan dit eveneens leiden tot een verhoging van de NAIRU.

Stel dat werknemers kunnen worden gescheiden in twee groepen: de hoog- en de laaggeschoolden. In de context van het competitieve model besproken in paragraaf V.B, zullen de laaggeschoolden een loon ontvangen dat dicht bij hun reservatieloon ligt, terwijl de hooggeschoolden een loon krijgen dat hun reservatieloon overstijgt omwille van efficiëntielonen of insider-outsidereffecten. Een verandering in de vraag naar laaggeschoolde arbeid impliceert een verschuiving langs een vlakke arbeidsaanbodcurve, terwijl verandering in de vraag naar hooggeschoolden juist overeenkomt met een verschuiving langs een steile arbeidsaanbodcurve. Bijgevolg resulteert een relatieve toename van de vraag naar hoogopgeleide arbeid enerzijds in een kleine stijging van de vraag naar hooggeschoolde arbeid, en anderzijds in een grote daling van de vraag naar laaggeschoolde arbeid, met een netto-stijging van de NAIRU tot gevolg (vergelijk figuur 4).

De relatief kleine toename van de werkloosheid onder hoogopgeleide werkers sedert de jaren 1980, gelijktijdig met een toename van het loonsverschil tussen laag- en hoogopgeleid personeel, zijn inmiddels goed gedocumenteerd (zie bijvoorbeeld Berman *et al.*, 1998, en de referenties daarin). Deze evolutie zou een sterke toename van de vraag naar hooggekwalificeerd personeel impliceren.¹ Hoewel er verschillende verklaringen mogelijk zijn voor deze vraagtoename, is een intensifiëring van de skill-biased technische vooruitgang het meest aannemelijk (Berman *et al.*, 1998; Dekkers, 2002 met Belgische cijfers).

Skill-biased technische vooruitgang vormt volgens Blanchard en Katz (1997) een goede verklaring voor de stijging van de werkloosheidsgraad in Europa tegenover de Verenigde Staten sedert de jaren 1980.² De relatief hoge minimumlonen en sociale uitkeringen in Europa hebben geleid tot een relatief sterke stijging van

1. Acemoglu (1999) verklaart de geobserveerde uiteenlopende evolutie van lonen en werkloosheid van laag- en hooggeschoolden door een kwalitatieve verschuiving van de compositie van het jobaanbod. Deze zou zijn verschoven van een samengevoegd naar een gescheiden evenwicht voor laag- en hooggeschoolden. Deze verschuiving kan zowel worden verklaard door een door skill-biased technische vooruitgang gedreven relatieve toename van de vraag naar hoogopgeleiden, als door een exogene toename van het aanbod van hoogopgeleiden.
2. Een alternatieve verklaring van de Europese werkloosheid is *hysteresis* (Blanchard en Summers, 1986), oftewel de idee dat de voorgaande werkloosheid een langdurig effect heeft op de werkloosheid van vandaag. Vanuit dit perspectief konden een aantal schokken waaronder de olie-schokken van de jaren 1970 leiden tot de verhoging van de werkloosheidsgraad. De persistentie van de verhoogde werkloosheid kan onder meer verklaard worden door het verlies van vaardigheden en effectiviteit van het zoeken naar werk door langdurig werklozen, en leidde uiteindelijk tot een stijging van de NAIRU.

de werkloosheidsgraad van laagopgeleiden. De keerzijde van deze ontwikkelingen is de relatief grote divergentie van de reële lonen in de Verenigde Staten. Hoewel de verklaring van de Europese werkloosheid in termen van skill-biased technische verandering dus goed werkt voor Europa versus de Verenigde Staten, is het nog niet duidelijk of ze ook geschikt is om werkloosheidsverschillen tussen de Europese landen te verklaren.

Samenvattend is het volledige dynamisch effect van technologische vooruitgang op de NAIRU niet *a priori* te bepalen. Het relatief belang van de factoren die het reservatieloon beïnvloeden is immers niet duidelijk. Indien de werknemers hun reservatieloon om verschillende redenen niet onmiddellijk aanpassen, kan de NAIRU tijdelijk dalen. Als technische vooruitgang daarentegen leidt tot structurele aanpassing met meer fricties op de arbeidsmarkt als gevolg, zal de werkloosheidsgraad stijgen. Compositie-effecten van technische vooruitgang tussen laag- en hooggeschoolde werknemers doen de NAIRU eveneens stijgen.

E. Belangrijkste implicaties van ICT

De voornaamste potentiële effecten van een technologische schok op de NAIRU, die hierboven werden besproken, komen vanzelfsprekend terug in de literatuur over de mogelijke impact van ICT op de NAIRU. Parallel aan het bovenstaande, kunnen er tenminste drie kanalen onderscheiden worden: ten eerste de impact van ICT op de NAIRU via een versnelling van de productiviteitsgroei, ten tweede de impact van ICT op de matching-technologie, en ten slotte de impact van ICT als skill-biased technische verandering op de NAIRU.

Ten eerste kan de NAIRU tijdelijk dalen als ICT de productiviteit doen toenemen, en als deze productiviteitsschok niet volledig geanticipeerd is door de werknemers.¹ In dat geval passen zij hun reservatieloon onvoldoende aan, waardoor de productiviteit het reële loon overstijgt en de NAIRU tijdelijk lager wordt (Blinder, 2000, Gelauff en de Bijl, 2000, Gomme, 1998). Ball en Mankiw (2002) suggereren dat de aanpassing van het aspiratieloon een weliswaar tijdelijke maar toch belangrijke invloed op de NAIRU zou kunnen hebben. De aanpassing van het aspiratieloon aan een productiviteitsschok zou immers zeer langzaam kunnen verlopen. De inertie van het aspiratieloon werd in de jaren 1980 reeds als verklaring geopperd voor de stijging van de NAIRU die volgde op de vertraging van de productiviteitsgroei in de jaren 1970. Hoewel deze verklaring mettertijd aan invloed moest inboeten, is ze de afgelopen jaren weer op de voorgrond gekomen in de discussie over de nieuwe economie. Een persistent aspiratieloon is immers eveneens consistent met de daling van de NAIRU die gepaard ging met de versneling van de productiviteitsgroei in de jaren 1990 in de Verenigde Staten.

Bovendien kunnen ICT de inflatie tijdelijk laag houden, wat de reële lonen - de prijscurve (22) - eveneens opwaarts duwt en op dezelfde manier kan resulteren in een verlaging van de NAIRU. Volgens Gordon (1998) heeft de versnelde prijsdaling van ICT-uitrusting de werkloosheid in de Verenigde Staten niet alleen via haar impact op de productiviteitsgroei beïnvloed, maar hielp ze ook mee de inflatie van het algemeen prijspeil laag te houden en had daardoor een neerwaartse invloed op de NAIRU. Blinder (2000) voegt er aan toe dat de inflatie tijdelijk laag

1. Meer realistisch, leiden de nieuwe technologieën eerder tot een versnelling van de productiviteitsgroei dan tot een verhoging van het niveau van de productiviteit.

kan blijven indien het internet resulteert in intensere prijsconcurrentie. Niettemin vormen ICT slechts een van de factoren die een rol hebben gespeeld in de vermindering van de inflatie en de NAIRU in de Verenigde Staten. De lage inflatie had volgens Gordon (1998) eveneens te maken met de sterke dollar, een daling van de oliepijzen, verminderde relatieve inflatie van de prijs van medische diensten en een aantal metingsverbeteringen in de officiële prijsindices.

Ten tweede kunnen ICT de NAIRU beïnvloeden via hun impact op de matching-functie. Als de diffusie van ICT gepaard gaat met structurele verandering waardoor de frictionele werkloosheid stijgt, wordt de NAIRU opwaarts geduwd. Dit kanaal wordt aangehaald door Gelauff en de Bijl (2000). Hoewel de impact van ICT op de NAIRU via dit kanaal a priori dus van tijdelijke duur is - zolang de herstructurering in de economie voortduurt - kan structurele aanpassing ten gevolge van ingrijpende technologische veranderingen zich gedurende een lange periode laten voelen.

Naast deze tijdelijke effecten is het toch mogelijk dat ICT ook een permanente invloed uitoefenen op de matching-technologie. Gomme (1998) verduidelijkt dat dit afhankelijk is van de aard van de nieuwe technologie. Stel dat een technologische schok in plaats van de productiviteit van de arbeiders te verbeteren, een positieve impact heeft op de matching-functie. Het hoger aantal succesvolle matches voor een gegeven aantal werklozen en vacatures dat hieruit volgt, leidt dan tot een permanente daling van de evenwichtswerkloosheidsgraad. De ICT vormen een technologie die dit effect mogelijk kunnen maken. In het bijzonder het internet maakt matching tussen vragers en aanbieders van arbeid efficiënter. Vragers en aanbieders vinden elkaar tegen een lagere zoekkost, waardoor het aantal matches toeneemt. Zodoende laat het internet een vermindering van de fricties toe die gepaard gaan met het zoeken naar werk en met de matching. Er wordt echter aan getwijfeld of dit effect op macro-economisch niveau erg groot kan zijn (Blinder, 2000); het zou hooguit enkele tienden van een procentpunt van de daling van de NAIRU kunnen verklaren (Gelauff en de Bijl, 2000).

Ten slotte kunnen ICT ook een drijfveer zijn van *skill-biased technische verandering*. In het scenario besproken in paragraaf V.D leidt vooruitgang in ICT tot een daling van de werkgelegenheidsgraad op lange termijn, in zoverre dat hij de vraag naar laaggeschoolde arbeid doet afnemen ten opzichte van de vraag naar hooggeschoolde arbeid. Er is een groeiende literatuur over de asymmetrische effecten van economische groei en in het bijzonder over de effecten van skill-biased technische verandering, waarbij men doorgaans denkt aan de ontwikkelingen in ICT sedert de jaren 1980. Hoewel de aanwezigheid van skill-biased technische vooruitgang weinig wordt betwist, blijft het echter moeilijk om het effect ervan op de werkloosheidsgraad te evalueren (Sneessens, 1999). Het is immers een proces dat zich langzaam ontvouwt.

De bovenbeschreven factoren hebben mogelijk een invloed op de NAIRU, hoewel de verwachte richting van de combinatie van deze effecten niet vaststaat. De beschikbare cijfers laten echter niet toe om hier uitsluitel over te geven, niet in de Verenigde Staten en nog minder in België en de rest van Europa.

De Verenigde Staten hebben in de jaren 1990 inderdaad gelijktijdig stijgende reële lonen en een lage werkloosheid meegemaakt, wat impliceert dat de NAIRU onder de standaardschattingen van rond 6 % is gedaald. Zowel de Phillips-curve als de Beveridge-curve van de Verenigde Staten zijn in de jaren 1990 naar binnen geschoven (zie bijvoorbeeld Ball en Moffitt, 2001, en Ball en Mankiw, 2002, p. 33).

Ball en Mankiw wijzen er echter op dat de daling van de Beveridge-curve niet alleen consistent is met een verbeterde matching-technologie maar eveneens met een aantal andere verklaringen voor een lagere NAIRU. Volgens Baily (2002) is de daling van de NAIRU deels toe te schrijven aan een structurele wijziging in de arbeidsmarkt, die wordt bevestigd door het inwaarts schuiven van de Beveridge-curve.

TABEL 4 - Recente macro-economische evolutie in België en de Verenigde Staten (%)

	Groei productiviteit ^a	Inflatie consumptieprijsindex	Werkloosheidsgraad ^b
België			
1981-1990	2,8	4,2	9,6
1991-2001	1,4	2,0	8,3
1991-1995	1,7	2,3	8,3
1996-2001	1,2	1,7	8,4
Verenigde Staten			
1981-1990	1,7	4,1	7,1
1991-2001	2,0	2,7	5,5
1991-1995	1,5	2,9	6,6
1996-2001	2,4	2,5	4,7

a. Groei van de productie per uur in de marktsector.

b. Werkloosheidsgraad van de civiele beroepsbevolking.

Bron: Belgische gegevens: Instituut voor de Nationale Rekeningen. Amerikaanse gegevens: United States Bureau of Labor Statistics.

Een bevredigende verklaring van de gunstige evolutie in de Verenigde Staten geeft waarschijnlijk meer gewicht aan een verschuiving van de Phillips-curve, gerelateerd aan de versnelde productiviteitsgroei. In overeenkomst daarmee stelt Baily (2002) dat zo een verklaring de verbeterde afruil tussen inflatie en werkloosheid moet koppelen aan het gewijzigde pad van de reële lonen. Ball en Mankiw (2002, p. 29) verdedigen eveneens het belang van traag aanpassende aspiraties als verklaring van de daling van de NAIRU. Als argument daarvoor tonen ze aan dat de persistentie van de loon aspiraties, gemeten als de trend van het verschil tussen de huidige productiviteitsgroei en een lang voortschrijdend gemiddelde van voorgaande groei, sterk gelijklopend is met de NAIRU.

De analyses voor de Verenigde Staten kunnen echter niet zomaar worden overgezet naar België. Hoewel ICT in België - en in de Europese Unie - eveneens een betekenisvolle rol lijken te hebben gespeeld in de groei van de productiviteit (zie tabel 1 op pagina 26), was er geen sprake van een versnelling van de productiviteitsgroei eind jaren 1990. Het is dus moeilijk om te verdedigen dat de reservatielonen trager zijn gestegen dan de productiviteit, in het bijzonder in het licht van de prijsindexering van de lonen die in België van toepassing is. De impact van ICT op de matching-functie kan in principe hetzelfde zijn aan beide kanten van de Atlantische Oceaan, maar het belang van dit effect wordt over het algemeen geminimaliseerd. Bovendien kan dit effect zowel positief als negatief zijn, afhankelijk of het loopt via verhoogde structurele aanpassing of via verbeterde matching-technologie, wat suggereert dat het netto-effect klein is. Bijgevolg blijft de skill-biased vooruitgang over als meest voor de hand liggend kanaal tussen de vooruitgang in ICT en de NAIRU. De invloed van skill-biased vooruitgang in ICT zou het totaal effect van ICT op de NAIRU in België bijgevolg in ongunstige

richting kunnen duwen. Zoals gezegd is dit echter een langzaam en moeilijk kwantificeerbaar proces.

Niettemin werd de Belgische economie op het eind van de jaren 1990 ook gekenmerkt door de combinatie van lage inflatie en lage werkloosheid. Hoewel de gemiddelde werkloosheidsgraad gedurende de jaren 1990 stabiel bleef (zie tabel 4), nam de krapte op de arbeidsmarkt sterk toe in de laatste jaren van het millennium. De afruil tussen werkloosheid en inflatie kan echter veel minder betrouwbaar zijn dan in de Verenigde Staten. Enerzijds wordt de inflatie in een kleine open economie zoals België voor het grootste deel in het buitenland bepaald omwille van de sterke afhankelijkheid van de internationale handel. Anderzijds is de Belgische arbeidsmarkt juist heel sterk gesegmenteerd tussen de drie regio's en zelfs tussen de provincies binnen die regio's: de werkloosheidsgraad in het jaar 2000 bedroeg 4,0 % in Vlaanderen, 10,7 % in Wallonië en 11,1 % in Brussel, terwijl de Belgische werkloosheidsgraad 6,7 % bedroeg (Estevão, 2002). Of de jaren 1990 een daling van de NAIRU in België hebben gekend, en in hoeverre zo een daling iets met de vooruitgang in ICT heeft te maken, is daarom moeilijk op een overtuigende manier te beantwoorden.

F. Samenvatting

In deze sectie werd de mogelijke invloed besproken die de ontwikkelingen in ICT kunnen hebben op de NAIRU. Om te beginnen werd de NAIRU gedefinieerd en werd ingegaan op de belangrijkste factoren die het niveau van de NAIRU bepalen. Vervolgens werd het effect van een technologische schok op de NAIRU besproken. De theoretische effecten van een technologische schok op de NAIRU werden ondergebracht onder drie noemers. Ten eerste de “pure” productiviteitsschok, die de NAIRU enkel tijdelijk kan beïnvloeden als het reservatieloon niet meteen wordt aangepast aan de hogere productiviteit. Ten tweede de verandering van de matching-functie, die minder matches kan voortbrengen omwille van structurele aanpassingen, of juist tot meer matches kan leiden dankzij een verbeterde matching-technologie. Ten derde kan een technologische schok een ongelijke impact hebben op de heterogene factor arbeid, wat de NAIRU kan verhogen.

Als de theoretische effecten van technische vooruitgang op de NAIRU nog duidelijk zijn, is dat veel minder het geval voor de empirische impact. ICT vormen waarschijnlijk de meeste markante technologische schok van de afgelopen decennia, en het lijkt dus niet onwaarschijnlijk dat ze een invloed hebben op de NAIRU. In de Verenigde Staten lijkt er een consensus te zijn ontstaan over de daling van de NAIRU in de jaren 1990. Pogingen tot verklaring van deze vaststelling leggen in de context van het debat over de “nieuwe economie” de nadruk op het neerwaarts effect van de persistentie van de reservatielonen op de NAIRU. De invloed van ICT treedt hierbij dus indirect op via hun impact op de productiviteitsgroei. Daarnaast is de daling van de NAIRU in de Verenigde Staten echter eveneens door een aantal andere factoren, zoals de demografie en het overheidsbeleid, te verklaren (Ball en Mankiw, 2002). Het gewicht dat ICT en deze andere factoren hebben in de volledige verklaring, blijft alsnog het onderwerp van discussie. Voor België (en Europa) is de situatie nog veel minder duidelijk. Enerzijds loopt de diffusie van ICT in België duidelijk achterop in vergelijking met de Verenigde Staten. Anderzijds zijn er redenen om te betwijfelen of de kortetermijnafruil tussen inflatie en werkloosheid in België even betrouwbaar is als in de Verenigde Staten, en of

de NAIRU bijgevolg in beide landen op dezelfde manier zou reageren op een gelijkaardige schok.



Besluit

De productie en diffusie van ICT oefenen een invloed uit op de performantie van de economie. Belangrijke indicatoren van de macro-economische activiteit zijn de langetermijngroei van de productie, de cyclische groei van de productie en de evenwichtswerkloosheidsgraad. In eerste instantie werden de macro-economische theorieën besproken die het niveau en de dynamiek van deze variabelen verklaren. Vervolgens is gekeken naar het mogelijk effect van ICT op deze macro-economische variabelen volgens die theoretische inzichten.

Wat de economische groei betreft, blijkt dat deze technologieën een ingrijpende stimulans kunnen vormen voor de langetermijngroei van de productiviteit, wat reeds werd vastgesteld in de Verenigde Staten. Uit de groeitheorieën blijkt het cruciale belang van technische vooruitgang voor economische groei op lange termijn. Meer specifiek kunnen de ICT, als radicale innovatie, de productiviteitsgroei via drie kanalen beïnvloeden: via de TFP-groei in de ICT-producerende sector, via verhoogde kapitaalintensiteit door investeringen in kapitaalgoederen die deze technologieën belichamen, en via versnelde TFP-groei ten gevolge van het gebruik van deze technologieën.

Aangezien het economisch belang van de ICT-producerende sector in België slechts matig is in OESO-perspectief, ligt de grootste potentiële groeibijdrage van ICT in het gebruik ervan. De adoptie van de nieuwe technologieën door de Belgische ondernemingen is inderdaad fors toegenomen in de jaren 1990. Hoewel de Belgische economie geen versnelling van de productiviteitsgroei heeft ervaren, is de groeibijdrage van het ICT-kapitaal bijna verdubbeld tussen de eerste en de tweede helft van de jaren 1990. De snelle accumulatie van ICT-kapitaal heeft geleid tot een toenemende belichaming van de nieuwe technologieën in het productieproces. Bij deze vaststelling dringt de uitdaging zich op om na te gaan in welke mate de ICT ook een rol spelen in de niet-belichaamde efficiëntieverhoging van de productie.

Naast de gevolgen voor de economische groeitrend, kunnen ICT ook een impact hebben op de amplitude en frequentie van de cycli rond die trend. De diffusie van ICT kan de volatiliteit van de economische activiteit zowel positief als negatief beïnvloeden, hoewel het totaal effect de economische fluctuaties vooral lijkt te matigen. Dit gebeurt in de eerste plaats via de stabilisatie van de voorraadinvesteringen, die beter gecontroleerd worden dankzij het gebruik van ICT. De ratio van voorraden ten opzichte van verkopen is inderdaad geleidelijk gedaald tijdens de jaren 1990, een ontwikkeling die vooral wordt toegeschreven aan de toepassing van “just-in-time”-voorraadcontrolesystemen. Ten tweede kunnen ICT de cycli beïnvloeden via de bruto-investeringen, hoewel dit effect in twee tegengestelde richtingen loopt. De hoge depreciatie die kenmerkend is voor ICT-uitrusting doet deze volatiele component van de aggregatieve vraag enerzijds toenemen, maar zorgt er anderzijds voor dat investeringsplannen sneller kunnen

worden aangepast aan een externe schok. Niettemin wordt in België een stabilisatie van de bedrijfsinvesteringen geconstateerd. Hoewel er geen cijfers beschikbaar zijn over de impact van ICT op de conjunctuurcyclus, wordt verwacht dat deze eerder bescheiden is. Tijdens de afgelopen decennia hebben het succesvol monetair beleid en de desynchronisatie van de grote economieën vermoedelijk een belangrijkere rol gespeeld in de matiging van de cycli.

De fluctuaties van de productiegroei rond zijn trend staan in verhouding tot de fluctuaties van de werkloosheidsgraad rond zijn evenwicht. Beiden zijn immers een maat van capaciteitsbenutting. Uit de theoretische analyse blijkt dat de NAIRU zowel een tijdelijke als een langdurige verandering kan doormaken als gevolg van de diffusie van ICT, maar dat deze verandering in beide gevallen zowel positief als negatief kan zijn. Het transitioir effect kan te danken zijn aan snellere productiviteitsgroei, wat de NAIRU verlaagt, of te wijten zijn aan structurele aanpassing ten gevolge van de adoptie van ICT, wat de NAIRU omhoog duwt. Daarenboven kan het langetermijneffect de NAIRU verlagen door vermindering van de jobzoekkosten, ofwel kan de NAIRU toenemen door de verhoogde waardering van vaardigheden ten gevolge van ICT.

In de Verenigde Staten lijkt de NAIRU te zijn gedaald tijdens de jaren 1990, zoals blijkt uit de gelijktijdige afname van werkloosheid en inflatie. De ICT hebben hierin een belangrijke rol gespeeld, voornamelijk door de combinatie van versnelde productiviteitsgroei en inerte aspiratielonen. In België is de afruil tussen inflatie en werkloosheid minder duidelijk, aangezien de inflatie grotendeels uit het buitenland wordt ingevoerd terwijl de arbeidsmarkt juist zeer gesegmenteerd is. Het meest voor de hand liggende kanaal waarlangs ICT de Belgische NAIRU kunnen beïnvloeden, is via de asymmetrische gevolgen voor laag- en hooggekwalificeerde arbeidsmarktparticipanten. Door de vraag naar laaggeschoolde arbeid te doen afnemen in het voordeel van de hooggeschoolde werknemers, zouden de ICT een langdurige stijging van de evenwichtswerkloosheidsgraad teweegbrengen. Dit effect is echter moeilijk meetbaar.

Zoals mag blijken uit het voorgaande, moeten veel van de hypotheses in verband met de economische impact van ICT nog zorgvuldig worden geverifieerd alvorens met voldoende zekerheid uitspraken kunnen worden gedaan over het belang van ICT voor de Belgische economie. Vooral het belang van de cyclische aspecten verbonden aan een toenemende diffusie van ICT is omgeven door onzekerheid. Wat echter duidelijk naar voor komt uit deze theorieën is dat de ICT enorme mogelijkheden in zich hebben voor de verbetering van de macro-economische performantie op lange termijn. In het bijzonder kan de groei van de productiviteit een enorme stimulans krijgen wanneer de nieuwe technologieën ten volle worden benut.



Referenties

- Abramovitz, Moses (1956), "Resource and Output Trends in the United States Since 1870", *American Economic Review*, 46, mei, 5-23.
- Acemoglu, Daron (1999), "Changes in Unemployment and Wage Inequality: An Alternative Theory and Some Evidence", *American Economic Review*, 89 (5), december, 1259-1278.
- Aghion, P. en P. Howitt, *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1998.
- Arrow, Kenneth J. (1962), "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29, juni, 155-173.
- Baily, Martin N. (2002), "The New Economy: Post Mortem or Second Wind?", *Journal of Economic Perspectives*, 16 (2), Spring, 3-22.
- Ball, Laurence en N. Gregory Mankiw (2002), "The NAIRU in Theory and Practice", *Journal of Economic Perspectives*, 16 (4), Fall, 115-136.
- Ball, Laurence en Robert Moffitt (2001), "Productivity Growth and the Phillips Curve", *Johns Hopkins University*, juni.
- BIS, *72nd Annual Report*, Basle, BIS, 2002.
- BIS, *71st Annual Report*, Basle, BIS, 2001.
- Barro, Robert J. (1999), "Notes on Growth Accounting", *Journal of Economic Growth*, 4, juni, 119-137.
- Barro, R. J. en X. Sala-i-Martin, *Economic Growth*, New York, McGraw Hill, 1995.
- Barro, R. J. en X. Sala-i-Martin (1992), "Convergence", *Journal of Political Economy*, 100 (2), april, 223-251.
- Bartelsman, E. en J. Hinloopen (2000), "ICT en economische groei", *Ekonomische en Statistische Berichten*, 85 (4254), mei, 376-378.

- Bassanini, A., S. Scarpetta en I. Visco (2000), "Knowledge, Technology and Economic Growth: Recent Evidence from OECD Countries", OESO, *Economics Department Working Paper*, (2000) 32.
- Basu, Susanto en John G. Fernald (1997), "Returns to Scale in U.S. Production: Estimates and Implications", *Journal of Political Economy*, 105 (2), 249-283.
- Berman, Eli, John Bound en Stephen Machin (1998), "Implications of Skill-Biased Technological Change: International Evidence", *Quarterly Journal of Economics*, 113 (4), november, 1245-1280.
- Blanchard, Olivier en Lawrence Katz (1997), "What We Know and Do Not Know About the Natural Rate of Unemployment", *Journal of Economic Perspectives*, 11 (1), 51-72.
- Blanchard, Olivier en Lawrence Summers, "Hysteresis and the European Unemployment Problem", in Fischer, Stanley, ed., *NBER Macroeconomics Annual*, 1, MIT Press, Cambridge, 1986, 15-78.
- Blanchflower, David en Andrew Oswald (1995), "An Introduction to the Wage Curve", *Journal of Economic Perspectives*, 9 (3), Summer, 153-167.
- Blinder, Alan S. (2000), "The Internet and the New Economy", Brookings Institution, *Policy Brief*, 60, juni.
- Bresnahan, T., E. Brynjolfsson en L.M. Hitt (1999), "Information technology, workplace organisation and the demand for skilled labor: firm level evidence", *NBER Working Paper*, 7136.
- Brynjolfsson, E. en L. Hitt (2000), "Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Practices", *Journal of Economic Perspectives*, 14 (4), Fall, 23-48.
- Burnside, Craig en Martin Eichenbaum (1996), "Factor-Hoarding and the Propagation of Business-Cycle Shocks", *American Economic Review*, 86 (5), 1154-1174.
- Cass, David (1965), "Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation", *Review of Economic Studies*, 32, juli, 233-240.
- David, Paul A. (2001), "Productivity growth prospects and the new economy", *EIB Papers*, 6 (1).
- David, P. en G. Wright (1999), "General-Purpose Technologies and Surges in Productivity: Historical Reflections on the Future of the ICT Revolution", paper gepresenteerd op symposium: *Economic Challenges of the 21st Century in Historical Perspective*, juli.

- Dekkers, Gijs J.M. (2002), "Opleiding en kwalificaties, arbeidsmarkt en ICT: de rol van onderwijs en training", Federaal Planbureau, *Working Paper*, 15-02, november.
- DeLong, J. Bradford en Lawrence H. Summers (2001), "The "New Economy": Background, Questions, and Speculations", Federal Reserve Bank of Kansas City, paper gepresenteerd op symposium: *Economic Policy for the Information Economy*, augustus.
- Dixit, A. en J. Stiglitz (1977), "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity", *American Economic Review*, 67 (3), juni, 297-308.
- Dobbelaere, Ludovic, Bart Hertveldt en Igor Lebrun (2002), "De Belgische conjunctuurcycli vroeger, nu en straks: alles komt terug", *Maandschrift Economie*, 66, februari, 29.
- Estevão, Marcello (2002), "Regional Labor Market Disparities in Belgium", IMF *Working Paper*, 02/134, augustus.
- Domar, Evsey D. (1961), "On the Measurement of Technological Change", *Economic Journal*, 71 (284), 709-729.
- Ethier, Wilfred J. (1982), "National and International Returns to Scale in the Modern Theory of International Trade", *American Economic Review*, 72 (3), juni, 389-405.
- Fitzgerald, Terry J. (1997), "Inventories and the Business Cycle: An Overview", Federal Reserve Bank of Cleveland, *Economic Review*, QIII, 11-22.
- Freeman, C. en C. Perez, "Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour", in G. Dosi *et al.* (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, London, Pinter, 1988.
- Friedman, Milton (1968), "The Role of Monetary Policy", *American Economic Review*, 58, maart, 1-17.
- Gelauff, George en Paul de Bijl (2000), "The renewing economy", CPB *Report*, 00/1, 19-24.
- Gomme, Paul (1998), "What Labor Market Theory Tells Us about the "New Economy"", Federal Reserve Bank of Cleveland, *Economic Review*, 16-24.
- Gordon, Robert J. (1998), "Foundations of the Goldilocks Economy: Supply Shocks and the Time-Varying NAIRU", *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 297-346.
- Gordon, Robert J. (1997), "The Time-Varying NAIRU and its Implications for Economic Policy", *Journal of Economic Perspectives*, 11 (1), 11-32.

- Greenwood, Jeremy, Zvi Hercowitz en Per Krussel (1997), "Long-Run Implications of Investment-Specific Technological Change", *American Economic Review*, 87 (3), juni, 342-362.
- Griliches, Zvi (1994), "Productivity, R&D and the Data Constraint", *American Economic Review*, 84.
- Griliches, Zvi (1992), "The Search for R&D Spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, 94, S29-S47.
- Griliches, Zvi, "Productivity: Measurement Problems", in J. Eatwell, M. Milgate en P. Newman (eds.), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, New York, Stockson Press, 1987, Vol. 4, 1010-1013.
- Hulten, Charles R. (2000), "Total Factor Productivity: A Short Biography", NBER *Working Paper*, 7471, januari.
- Hulten, Charles R. (1992), "Growth Accounting When Technical Change is Embodied in Capital", *American Economic Review*, 82 (4), september, 964-980.
- IMF (2002), "Recessions and Recoveries", IMF, *World Economic Outlook*, april.
- IMF (2001), "The Information Technology Revolution", IMF, *World Economic Outlook*, oktober.
- Jones, Charles I. (1995a), "R&D-Based Models of Economic Growth", *Journal of Political Economy*, 103, augustus, 759-784.
- Jones, Charles I. (1995b), "Time Series Tests of Endogenous Growth Models", *Quarterly Journal of Economics*, 110, mei, 495-525.
- Jorgenson, D., K. Stiroh en M. Ho (2002), "Projecting Productivity Growth: Lessons from the U.S. Growth Resurgence", Federal Reserve Bank of Atlanta, *Economic Review*, 87 (3), 1-13.
- Jorgenson, D. en K. Stiroh (2000), "Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age", *Brookings Papers on Economic Activity*, 1:2000, 125-235.
- Jorgenson, D., F. Gollop en B. Fraumeni, *Productivity and U.S. Economic Growth*, Cambridge, Massachussets, Harvard University Press, 1987.
- Jorgenson, D. en Z. Griliches (1967), "The Explanation of Productivity Change", *Review of Economic Studies*, 34, juli, 249-280.
- Jorgenson, Dale W. (1966), "The Embodiment Hypothesis", *Journal of Political Economy*, 74 (1), februari, 1-17.

- Kahn, J., M. McConnell en G. Perez-Quiros (2002), "On the Causes of the Increased Stability of the U.S. Economy", *FRBNY Economic Policy Review*, 8 (1), mei, 183-202.
- Kegels, C., M. van Overbeke en W. Van Zandweghe (2002), "ICT contribution to economic performance in Belgium: preliminary evidence", Federaal Planbureau, *Working Paper*, 8-02, september.
- Kiley, Michael T. (1999), "The Supply of Skilled Labour and Skill-Biased Technological Progress", *The Economic Journal*, 109, oktober.
- King, Robert G. en Sergio T. Rebelo, 2000. "Resuscitating Real Business Cycles", *NBER Working Papers*, 7534.
- Koning, Pierre (1999), "The NAIRU in a nutshell", *CPB Report*, 99/1, 20-22.
- Koopmans, Tjalling C., "On the Concept of Optimal Economic Growth", in *The Econometric Approach to Development Planning*, Amsterdam, North-Holland, 1965.
- Layard, Richard, Stephen Nickell en Richard Jackman, *Unemployment*, Oxford University Press, Oxford, 1992.
- Lindbeck, Assar en Dennis J. Snower (1988), "Cooperation, Harassment, and Involuntary Unemployment: An Insider-Outsider Approach", *American Economic Review*, 78 (1), maart, 167-188.
- Lipsey, Richard, "Economic Growth, Technical Change and Economic Policy", in Pierre Fortin en Craig Riddell (eds.), *Growth, Employment and Technology: New Perspectives on Canadian Policies*, Montreal, McGill-Queen's University Press, forthcoming.
- Lipsey, R., C. Bekar en K. Carlaw, "What Requires Explanation", in Helpman, E. (ed.), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1998.
- Lucas, Robert E. (1988), "On the Mechanisms of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22 (1), 3-42.
- Mankiw, G., D. Romer en D. Weil (1992), "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 107, mei, 407-437.
- Murphy, K., A. Shleifer en R. Vishny (1989), "Industrialization and the Big Push", *Journal of Political Economy*, 97 (5), oktober, 1003-1026.
- OESO, OECD *Economic Outlook*, 71, juni, OESO, Parijs, 2002.

- OESO, OECD *Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry-Level and Aggregate Productivity Growth*, Parijs, OESO, Statistics Directorate, 2001.
- Oliner, S. en D. Sichel (2002), "Information Technology and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going?", Federal Reserve Board, *Finance and Economics Discussion Series*, 2002-29.
- Oliner, S. en D. Sichel (2000), "The Resurgence of Growth in the Late 1990's: Is Information Technology the Story?", *Journal of Economic Perspectives*, 14 (4), 3-22.
- Phillips, A.W. (1958), "The Relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wages in the United Kingdom, 1861-1957", *Economica*, 25, 283-299.
- Pissarides, Christopher A., *Equilibrium Unemployment Theory*, 2de ed., MIT Press, Cambridge, 2000.
- Ramsey, F.P. (1928), "A Mathematical Theory of Saving", *Economic Journal* 38, december, 543-559.
- Röger, Werner (2001), "The Contribution of Information and Communication Technologies to Growth in Europe and the US: A Macroeconomic Analysis", Europese Commissie, *Economic Papers*, 147, januari.
- Romer, David, *Advanced Macroeconomics*, New York, McGraw Hill, 1996.
- Romer, Paul M. (1994), "The Origins of Endogenous Growth", *Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), Winter, 3-22.
- Romer, Paul M. (1990), "Crazy Explanations for the Productivity Slowdown", *Journal of Political Economy*, 98, S71-S102.
- Romer, Paul M. (1986), "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94 (5), oktober, 1002-1037.
- Sala-i-Martin, Xavier (2000), "Note on Models of Poverty Trap", september, mimeo.
- Samuelson, Paul A. en Robert M. Solow (1960), "Analytical Aspects of Anti-Inflation Policy", *American Economic Review*, 50, 177-194.
- Schumpeter, Joseph, *The Theory of Economic Development*, Oxford, Oxford University Press, 1934.
- Shapiro, Carl en Hal Varian, *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*, Boston, Harvard University Press, 1999.

- Shapiro, Carl en Joseph E. Stiglitz (1984), "Equilibrium Unemployment as a Worker Discipline Device", *American Economic Review*, 74 (3), juni, 433-444.
- Shioji, Etsuro (2001), "Public Capital and Economic Growth: A Convergence Approach", *Journal of Economic Growth*, 6 (3), september, 205-227.
- Sneessens, Henri R. (1999), "Technological Bias and Unemployment: A Macroeconomic Perspective", *IRES Discussion Paper*, 1999024.
- Solow, Robert M. (1994), "Perspectives on Growth Theory", *Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), Winter, 45-54.
- Solow, Robert M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39 (3), 312-320.
- Solow, Robert M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), februari, 56-94.
- Spence, Michael (1976), "Production Selection, Fixed Costs, and Monopolistic Competition", *Review of Economic Studies*, 43, 217-235.
- Stiglitz, Joseph E. (1997), "Reflections on the Natural Rate Hypothesis", *Journal of Economic Perspectives*, 11 (1), 3-10.
- Stiroh, Kevin J. (2002), "Are ICT Spillovers Driving the New Economy?", *Review of Income and Wealth*, 48 (1), maart, 33-58.
- Stiroh, Kevin J. (2001), "What Drives Productivity Growth?", Federal Reserve Bank of New York, *FRBNY Economic Policy Review*, 7 (2), maart, 37-59.
- Stiroh, Kevin J. (1999), "Is There a New Economy?", *Challenge*, 42 (4), juli/augustus, 82-101.
- Tobin, James (1998), "Supply Constraints on Employment and Output: NAIRU versus Natural Rate", *Cowles Foundation Discussion Papers*, 1150, 3-10.
- Turner, Dave, Laurence Boone, Claude Giorno, Mara Meacci, Dave Rae en Pete Richardson (2002), "Estimating the Structural Rate of Unemployment for the OECD Countries", OESO, *Economic Studies*, 33, 2001/II.
- van Overbeke, Mary (2001), "Les politiques de recherche et d'innovation aujourd'hui", Federaal Planbureau, *Working Paper*, 5-01, juli.
- Verlinden, Joost (1997), "Concept, Measurement and Policy Implications of the NAIRU - Perspective from Belgium", OESO, *Economics Department Working Paper*, 184.

Whelan, Karl (1997), "Wage Curve vs. Phillips Curve: Are There Macroeconomic Implications?", Federal Reserve Board, *Finance and Economics Discussion Series Paper*, 51.

Wolff, Edward N. (1996), "The Productivity Slowdown: The Culprit at Last?", *American Economic Review*, 86 (3), juni, 1239-1255.

Wolff, Edward N. (1991), "Capital Formation and Productivity Convergence Over the Long Term", *American Economic Review*, 81 (3), juni, 565-579.

Zarnowitz, Victor (1999), "Theory and History Behind Business Cycles: Are the 1990s the Onset of a Golden Age?", *Journal of Economic Perspectives*, 13 (2), 69-90.