

Hoofdafdeling : Bedrijfstakken  
Afdeling : ICA  
Samenstellers : George van Leeuwen en Henry van der Wiel  
Nummer : 80  
Datum : 10 november 2003

### **ICT en TFP: levert ICT spillovers in Nederland?**

Dit document onderzoekt of ICT in Nederland spillover effecten levert op bedrijfsniveau en daardoor heeft geleid tot een hogere productiviteitstoename. Hiertoe breiden we de productiefunctie uit met een ICT-spillover indicator. Deze indicator duidt aan in welke mate de directe omgeving van een bedrijf in ICT heeft geïnvesteerd en verwijst daarmee naar de mogelijkheden van een bedrijf om te 'communiceren' met andere bedrijven.

De spillover-indicator blijkt in Nederland in belangrijke mate bij te dragen aan de Totale Factor Productiviteit (TFP). Bovendien kan het negeren van spillovers een overschatting van de bijdrage van ICT-kapitaalverdieping aan de arbeidsproductiviteit opleveren. Het vinden van spillover effecten van ICT duidt er op dat ICT niet alleen via kapitaalverdieping bijdraagt aan een hogere arbeidsproductiviteit.

De micro-uitkomsten sluiten goed aan bij de gevonden resultaten op hoger aggregatieniveau, maar geven wel een verdieping aan de achterliggende oorzaken van productiviteitsverbeteringen.

## Inhoud

1	Inleiding	3
2	Theoretisch kader	5
2.1	Decompositie productiviteitsgroei	5
2.2	Neo-klassieke uitgangspunten nader beschouwd	8
2.2.1	Twee visies over ICT en TFP	8
2.2.2	Implicaties spillovers op bijdrage kapitaalverdieping	9
2.2.3	Productiviteit en marktwerking	11
2.3	Implicaties voor empirische modellen	11
2.3.1	Inleiding	11
2.3.2	Modelvarianten	13
3	Data	16
3.1	Inleiding	16
3.2	Constructie en herberekening variabelen	16
3.2.1	Constructie ICT-spillover indicator	16
3.2.2	Berekening TFP op microniveau	17
4	Resultaten	20
4.1	Inleiding	20
4.2	Resultaten productiefunctie variant	20
4.2.1	Schatting productiefunctie zonder en met ICT-spillovers	20
4.2.2	Schatting productiefunctie op innovatiepanel	21
4.3	Resultaten growth-accounting variant	23
4.4	Decompositie arbeidsproductiviteitsgroei	25
5	Conclusies	30
	Literatuur	33
	Bijlage A Spillovers in industrie: belangrijkste uitkomsten	35

## 1 Inleiding<sup>1</sup>

Levert ICT behalve via kapitaalverdieping ook op meer indirecte wijze een bijdrage aan de Nederlandse arbeidsproductiviteitsgroei? Deze vraag staat centraal in dit memorandum, waarbij we ons in eerste instantie richten op het niveau van het individuele bedrijf. Vervolgens kijken we hoe de geaggregeerde micro-uitkomsten zich verhouden met eerder uitgevoerde studies op macro- en mesoniveau en wat ons dat leert over de rol van ICT in de Nederlandse economie.

Onderzoeken met microdata wijzen in de richting van een significant positief ICT-effect op de Totale Factor Productiviteit (TFP)-groei (zie o.a. Brynjolfsson en Hitt, 1995, Brynjolfsson en Hitt, 2000, en Van Leeuwen en Van der Wiel, 2003a). Dit in tegenstelling tot onderzoeken op hoger aggregatieniveau, waar geen duidelijke aanwijzingen zijn gevonden van spillover effecten door ICT op de productiviteitsgroei.

In dit memorandum willen we het bestaan van spillover effecten explicieter onderzoeken voor Nederland. Voortbouwend op Van Leeuwen en Van der Wiel (2003a, 2003b) breiden we de productiefunctie daartoe uit met een ICT-spillover indicator. Deze indicator duidt aan in welke mate de directe omgeving van een bedrijf in ICT heeft geïnvesteerd en verwijst daarmee naar de mogelijkheden van een bedrijf om te ‘communiceren’ met andere bedrijven.

De meeste studies op macro- en mesoniveau gebruiken de zogenaamde ‘growth-accounting’ methode om de arbeidsproductiviteit te ontbinden in een bijdrage van kapitaalverdieping en TFP (zie o.a. Stiroh, 2002, en Van der Wiel, 2001). Volgens deze methode versnelde de TFP-groei op macroniveau opmerkelijk in de tweede helft van de jaren negentig, niet alleen in de VS, maar ook in Nederland. Het verhaal hierachter heeft deels te maken met ICT. De sterkere groei werd immers mede veroorzaakt door de versnelling in de TFP-groei in de ICT (producerende) sector door technische vooruitgang daar. De versnelling in de TFP-groei in andere bedrijfstakken hoeft echter niet per se samen te hangen met ICT. Een hogere TFP-groei kan ook veroorzaakt zijn door andere factoren dan door spillover effecten van ICT.<sup>2</sup>

Om meer duidelijkheid te krijgen over mogelijke spillover effecten heeft een aantal studies de macro en meso-uitkomsten van de growth-accounting methode verder geanalyseerd. Hierbij werd de relatie tussen TFP-groei en ICT op bedrijfstakniveau met behulp van econometrische

<sup>1</sup> Het onderzoek is mede gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken (EZ) en werd in die hoedanigheid begeleid door Stephan Raes, George Gelauff, Pieter van Winden en Piet Donselaar, waarvoor dank. Wij danken verder Free Huizinga en Henk Kox voor hun nuttige suggesties. Delen van dit onderzoek zijn uitgevoerd op het Centre for Research of Economic Microdata (CEREM) van het CBS.

<sup>2</sup> Alhoewel ICT heeft bijgedragen aan de productiviteitsverbetering in de VS, concludeerde McKinsey Global Institute (2001) bijvoorbeeld dat de concurrentiedruk de belangrijkste aanjager was van de groei.

methoden onderzocht. Op dit niveau konden geen positieve effecten van ICT worden aangetoond (zie b.v. Berndt en Morisson, 1995, van der Wiel, 2001, en Stiroh, 2002).<sup>3</sup>

De verschillen in resultaat tussen het micro- en mesoniveau roepen tal van vragen op, waar dit document dieper op ingaat. De rest ziet er dan ook als volgt uit. Hoofdstuk 2 plaatst eerst de growth-accounting en econometrische aanpak vanuit een theoretisch perspectief tegenover elkaar. Daarbij wordt tevens de mogelijke implicaties voor TFP(-groei) van het loslaten van enkele veronderstellingen van de growth-accounting toegelicht. Vervolgens worden twee modelvarianten besproken om de verschillen tussen beide aanpakken empirisch te toetsen. Hoofdstuk 3 bespreekt de data en constructie van enkele variabelen om de varianten uit te voeren. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de varianten getoond en vindt een vergelijking plaats met de uitkomsten van eerder uitgevoerde studies op macro- en mesoniveau. Hoofdstuk 5, tenslotte, sluit af met de belangrijkste conclusies.

<sup>3</sup> Deze onderzoeken geven zelfs geen significant ICT-effect op de outputgroei.

## 2 Theoretisch kader

### 2.1 Decompositie productiviteitsgroei

Het is gebruikelijk om de effecten van ICT op de (groei van de) productiviteit te modelleren met behulp van een productiefunctie. Aangezien de meeste empirische studies daarbij een specificatie van het type 'Cobb-Douglas' als uitgangspunt kiezen, sluiten we bij deze traditie aan. Voor de productie gedefinieerd in termen van toegevoegde waarde geeft dit:

$$Y_t = A_t K_{ICT,t}^{\alpha_{ICT}} K_{O,t}^{\alpha_O} L_t^\beta \quad (1)$$

In (1) is  $Y$  het volume van de netto productie (het volume van de toegevoegde waarde) en representeren  $K_{ICT}$ ,  $K_O$ ,  $L$ , en  $A_t$  respectievelijk de inputs van ICT-kapitaal, overig fysiek kapitaal, arbeid en niet-belichaamde technologische vooruitgang.<sup>4</sup> De factor  $A_t$  wordt ook wel opgevat als een maat voor 'Totale Factor Productiviteit' (TFP). Als we de logaritmische transformatie van variabelen met kleine letters noteren, dan is (1) te herschrijven tot de volgende vergelijking voor de groei van TFP:

$$dTFP_t = dy_t - \alpha_{ICT} dk_{ICT,t} - \alpha_O dk_{O,t} - \beta dl_t \quad (2)$$

met  $dTFP_t$ , de TFP-groei in jaar  $t$ .

TFP-groei staat dus voor de productiegroei die niet toe te schrijven is aan de bijdrage van de (primaire) productiefactoren (i.c. arbeid en kapitaal). In feite is TFP(-groei) een conglomeraat, waarachter onder meer de effecten van innovaties, meetfouten en schaaleffecten schuil gaan.

Dit memorandum onderzoekt het bestaan van spillover effecten van ICT op TFP(-groei), maar hoe valt TFP te berekenen? Het probleem is namelijk dat de coëfficiënten – oftewel de productie-elasticiteiten – van vergelijking (2) niet zonder meer bekend zijn. In grote lijnen zijn er twee methoden om TFP te berekenen:

- een growth-accounting aanpak
- een productiefunctie aanpak

<sup>4</sup> Voor de eenvoud onderscheiden we alleen subscripten voor de tijd en niet voor bedrijven of bedrijfstakken.

### De growth-accounting aanpak

De growth-accounting literatuur lost het probleem op door uit te gaan van de volgende veronderstellingen:

- de markten voor output en productiefactoren worden gekenmerkt door volledig vrije mededinging; de beloningsvoeten van productiefactoren weerspiegelen daardoor hun marginale productiviteit;
- de technologie wordt gekenmerkt door constante schaalopbrengsten in de inputs en Hicks neutrale en niet-belichaamde technische vooruitgang.

Onder deze vooronderstellingen zijn de kostenaandelen voor de inputs een valide benadering voor de onbekende productie-elasticiteiten van (1) en (2) (zie ook Balk, 2000):

$$\alpha_{ICT} = \frac{\partial Y_t}{\partial K_{ICT,t}} \cdot \frac{K_{ICT,t}}{Y_t} = \frac{w_{ICT,t} K_{ICT,t}}{p_t Y_t} = s_{ICT,t}^{ga}, \quad (3a)$$

$$\alpha_O = \frac{\partial Y_t}{\partial K_{O,t}} \cdot \frac{K_{O,t}}{Y_t} = \frac{w_{O,t} K_{O,t}}{p_t Y_t} = s_{O,t}^{ga} \quad (3b)$$

$$\beta = \frac{\partial Y_t}{\partial L_t} \cdot \frac{L_t}{Y_t} = \frac{w_{L,t} L_t}{p_t Y_t} = s_{L,t}^{ga} \quad (3c)$$

In (3a) – (3c) zijn  $\{s_{ICT}^{ga}, s_O^{ga}, s_L^{ga}\}$  de kostenaandelen van ICT-kapitaal, overige kapitaal en arbeid zoals gebruikt in de growth-accounting en representeren  $\{w_{ICT}, w_O, w_L\}$  de prijzen voor de drie inputs en  $p$  de prijs van output.<sup>5</sup>

Met behulp van (3a) – (3c) en  $s_{ICT}^{ga} + s_O^{ga} + s_L^{ga} = 1$  kunnen we de TFP-groei als volgt schrijven:

$$dTFP_t^{ga} = dy_t - s_{ICT}^{ga} dk_{ICT,t} - s_O^{ga} dk_{O,t} - s_L^{ga} dl_t, \quad (4)$$

waarbij en  $dTFP_t^{ga}$  verwijst naar de ‘gemeten’ TFP-groei volgens de growth-accounting methode. Gebruikmakend van de informatie over groei van de productie en inputs is de TFP-groei bij deze aanpak dus een restpost.

<sup>5</sup> Vergelijkingen (3a) – (3c) zijn af te leiden door voor elke input marginale opbrengsten en marginale kosten aan elkaar gelijk te stellen (de zogenaamde eerste-orde voorwaarden voor winstmaximalisatie).

### De (econometrische) productiefunctie aanpak

Een alternatief is de parameters  $\{\alpha_{ICT}, \alpha_O, \beta\}$  van (1) met een econometrische methode te schatten:

$$dy_t = dTFP_t^e + \hat{\alpha}_{ICT} dk_{ICT,t} + \hat{\alpha}_O dk_{O,t} + \hat{\beta} dl_t \quad (5)$$

waarbij  $dTFP_t^e$  nu verwijst naar de ‘geschatte’ TFP-groei volgens de econometrie. In het vervolg noemen we deze methode kortheidshalve *de productiefunctie aanpak*.

### Verschillen tussen de growth-accounting en productiefunctie aanpak

Op het eerste gezicht zijn de verschillen tussen beide aanpakken betrekkelijk gering. Zowel de growth-accounting als de productiefunctie aanpak veronderstellen immers dat TFP-groei

---

### Verband TFP-groei en arbeidsproductiviteitstoename

Zowel bij de growth-accounting als bij de productiefunctie aanpak is het mogelijk de groei van de arbeidsproductiviteit te ontbinden in een effect van kapitaalverdieping en een TFP-component. Voor de growth-accounting aanpak geeft herschrijven van (2):

$$dy_t - dl_t = dTFP_t^{ga} + s_{ICT,t}^{ga}(dk_{ICT,t} - dl_t) + s_{O,t}^{ga}(dk_{O,t} - dl_t), \quad (6a)$$

terwijl het ‘econometrische equivalent’ wordt gegeven door:

$$dy_t - dl_t = dTFP_t^e + \hat{\alpha}_{ICT}(dk_{ICT,t} - dl_t) + \hat{\alpha}_O(dk_{O,t} - dl_t) + (\hat{\alpha}_{ICT} + \hat{\alpha}_O + \hat{\beta} - 1)dl_t. \quad (6b)$$

In beide aanpakken is TFP dus een potentiële bron van arbeidsproductiviteitsgroei. Daarnaast is de ICT-kapitaalintensiteit een mogelijke bron van groei. Het is met (6a) eenvoudig in te zien dat ICT positief bijdraagt aan de groei van de arbeidsproductiviteit indien de groei van ICT-kapitaal de groei van de inzet van de factor arbeid overtreft. Met andere woorden: de bijdrage van ICT-kapitaalverdieping komt min of meer ‘automatisch’ uit de growth-accounting naar voren daar het kostenaandeel van ICT-kapitaal in de toegevoegde waarde ( $s_{ICT,t}^{ga}$ ) positief is.

Investerings in ICT hebben dus in de growth-accounting een direct effect op de arbeidsproductiviteit als de hoeveelheid ICT-kapitaal toeneemt per werknemer. En dat vond in feite ook plaats in het vorige decennium. Sterke prijsdalingen voor computerhardware lokten een explosieve groei van ICT-investeringen uit. Bedrijven vervuilden de minder productieve kapitaalgoederen en arbeid voor ICT-kapitaalgoederen waardoor de verhouding tussen ICT-kapitaal en andere inputs in relatieve zin toenam (zie bijvoorbeeld Van Leeuwen en Van der Wiel, 2003a). Standaardvoorbeelden zijn robotisering van machineparken in de industrie en de automatisering van administratieve processen, vooral in de tertiaire diensten.

De interpretatie van de ICT-coëfficiënt in (6b) is dezelfde als in (6a): een significant positieve schatting voor  $\hat{\alpha}_{ICT}$  geeft aan dat er sprake is van een positieve bijdrage van ICT-kapitaalverdieping aan de productiviteitsgroei.

---

kan worden geoperationaliseerd met behulp van dezelfde productiefunctie en dat TFP-groei een component van de arbeidsproductiviteitsgroei is (zie box over het verband tussen TFP-groei en arbeidsproductiviteitstoename).

Toch is er een aantal opmerkelijke verschillen tussen beide benaderingen die een nadere toelichting behoeven. De growth-accounting variant is minder flexibel dan de productiefunctie variant daar zij van de mogelijkheid van schaalvoordelen (of schaalnadelen) abstraheert. Bovendien zijn voor de berekening van de gewichten (i.c. de kostenaandelen) van (4a) een aantal veronderstellingen vereist.

De growth-accounting verdeelt het niet-arbeidsinkomen over de twee kapitaalsoorten in verhouding tot de gebruikskosten, onder de impliciete veronderstelling dat er geen externe effecten aan investeringen zijn verbonden en dat alle inputs (marginaal) zijn geprijsd. Voor ICT lijkt deze veronderstelling echter minder valide. Productie-externaliteiten en niet-geprijsde inputs zorgen ervoor dat de gelijkheid tussen de marginale productiviteit en de marginale kosten van ICT-investeringen wordt doorbroken. Het gevolg is dat het residu TFP volgens de growth-accounting mogelijk nog verband houdt met ICT-investeringen (zie verder paragraaf 2.2.2).

## **2.2 Neo-klassieke uitgangspunten nader beschouwd**

### **2.2.1 Twee visies over ICT en TFP**

In feite zijn er twee stromingen (redeneringen) in de economische wetenschap rond de bijdrage van ICT aan de productiviteitsgroei. De eerste stroming ziet de bijdrage van ICT aan de productiviteitsgroei uitsluitend via kapitaalverdieping verlopen. In deze puur neo-klassieke redenering is er geen plaats voor een ICT-effect op de TFP-groei omdat de door prijsdalingen geïnduceerde investeringsgroei uitsluitend een beweging langs de 'production frontier' representeert.<sup>6</sup> ICT leidt hier dus niet tot een verschuiving van de grenzen van de productiemogelijkheden zelf.

Aan de andere kant van het spectrum vinden we de redenering dat de effecten van ICT op de economie vooral verband houden met het feit dat ICT-goederen zich bij uitstek lenen voor realiseren van groei-externaliteiten. Deze externaliteiten komen niet of onvolledig in de (gemeten) relatieve prijzen tot uiting. Groei-externaliteiten worden geacht de productiviteit van alle inputs in theorie positief te beïnvloeden. Ze verwijzen dus juist wel naar een verschuiving van de productiemogelijkheden (zie bijvoorbeeld Bartelsman en Hinloopen, 2000). ICT-investeringen zouden bedrijven in staat stellen informatietechnologie te kunnen exploiteren. ICT is daarbij op te vatten als een vorm van belichaamde technische vooruitgang en

<sup>6</sup> Uitzonderd het effect via de ICT-producerende sector.



een netwerk-technologie. ICT-netwerken dragen ertoe bij dat de eigen ICT-investeringen van een bedrijf productiever worden naarmate anderen meer investeren in ICT. Dit geldt zowel voor de communicatie (in brede zin) binnen een willekeurig bedrijf als voor de interacties van hetzelfde bedrijf met haar externe omgeving (bijvoorbeeld met afnemers en/of leveranciers).<sup>7</sup> Ook is het aannemelijk dat positieve leereffecten gegenereerd worden door het toenemend gebruik van ICT. Deze leereffecten zijn groter als de groei van ICT-kapitaal gepaard gaat met andere innovaties, bijvoorbeeld het vernieuwen of verbeteren van werkprocessen (zie o.a. Black and Lynch, 2000, Bresnahan e.a., 2002, en Van Leeuwen en Van der Wiel, 2003b). ICT betreft echter niet uitsluitend procesinnovatie. Het stelt bedrijven ook in staat om nieuwe producten te ontwikkelen of bestaande producten te verbeteren. Tot slot kan ICT ook bijdragen aan het terugdringen van X-inefficiëntie.

In de discussies over de rol van ICT in de economie wordt daarom veel aandacht besteed aan het wel of niet bestaan van spillover effecten van investeren in ICT op de productiviteitsgroei

### 2.2.2 Implicaties spillovers op bijdrage kapitaalverdieping

Groei-externaliteiten of - meer algemeen - netwerk en spillover effecten kunnen hier worden opgevat als 'surplus' rendementen van ICT investeringen welke samenhangen met niet geprijsde inputs.

Niet-geprijsde inputs zorgen ervoor dat de marginale opbrengsten van ICT gebruik hoger zijn dan de marginale transactiekosten. Dit is het *rent spillover effect* van ICT. Een andere kijk op spillovers veronderstelt dat de marginale productiviteit van ICT toeneemt omdat ICT bedrijven in staat stelt te profiteren van elders ontwikkelde kennis. Het is aannemelijk dat deze *kennis spillovers* samen hangen met de voorraad extern ICT kapitaal.

Als nu blijkt dat de schatting van de (output)elasticiteit van ICT in (5) hoger is dan het corresponderende kostenaandeel in (4) dan kan dat wijzen op het bestaan van positieve ICT 'spillovers' (zie ook Stiroh, 2002). Bij constante schaalopbrengsten is het inderdaad aannemelijk dat een hogere waarde voor deze elasticiteit dan het kostenaandeel te maken heeft met andere dan uitsluitend private rendementen van 'eigen' ICT-investeringen of met niet-geprijsde inputs. Dit is eenvoudig in te zien door (4) en (5) met elkaar te vergelijken. Als we kijken naar ICT-kapitaal, dan geeft dit bijvoorbeeld:

$$dTFP_t^{ga} - dTFP_t^e = (\hat{\alpha}_{ICT} - s_{ICT}^{ga}) dk_{ICT,t} + \dots,$$

<sup>7</sup> Er zijn tal van voorbeelden van netwerk-externaliteiten op het gebied van ICT aan te geven. Voorbeelden zijn de uitwisseling van informatie via email, het gebruik van gestandaardiseerde software, de grote toegankelijkheid tot informatie via internet en de toepassing van e-commerce.

met  $dTFP_t^{ga} - dTFP_t^e$  het verschil tussen de growth-accounting TFP-groei en TFP-groei berekend volgens de productiefunctie aanpak. Een geschatte elasticiteit van ICT-kapitaal ( $\hat{\alpha}_{ICT}$ ) groter dan het aandeel van ICT-kosten in de output ( $s_{ICT}^{ga}$ ) is enerzijds een indicatie voor het bestaan van een positieve correlatie tussen ICT en de growth-accounting TFP. Anderzijds indiceert een positief verschil tussen de geschatte elasticiteit en het kostenaandeel dat de gemeten TFP-groei te hoog uitkomt in de growth-accounting.

De positieve 'wig' tussen de geschatte elasticiteit en het kostenaandeel kan echter ook te maken hebben met een te hoge schatting van ICT-elasticiteit in de productfunctie aanpak als gevolg van weggelaten variabelen die gecorreleerd zijn met andere variabelen die wel in het model zijn opgenomen. Twee voorbeelden zijn de toegenomen investeringsbereidheid in ICT van de omgeving van het bedrijf en de kwaliteit van arbeid.

Als andere bedrijven binnen een bepaald netwerk of keten ook min of meer gelijktijdig in ICT investeren, kan dit via ICT-spillovers de productiviteit van een individueel bedrijf ten goede komen. In dit geval kan er een simultaneiteitsprobleem ontstaan door het niet meenemen van variabelen in het model die verwijzen naar de ICT adoptie van andere bedrijven.<sup>8</sup> Een ander voorbeeld van een ontbrekende variabele die positief gecorreleerd is met (eigen) ICT gebruik is het opleidingsniveau van werknemers als maatstaf voor de kwaliteit van arbeid. Het lijkt aannemelijk dat de verdeling van werknemers over opleidingsniveaus in de onderzochte periode minder aan veranderingen onderhevig was dan de 'externe' ICT-adoptie. De verschillen in productiviteit als gevolg van verschillen in de kwaliteit van arbeid kunnen we als een bedrijfsspecifiek effect opvatten.<sup>9</sup> Bij gebruik van schattingen in verschillen valt dit effect weg.

Hoewel Stiroh (2002) de hiervoor genoemde simultaneiteitsproblemen als een potentiële oorzaak van het verschil tussen 'gemeten' en de 'econometrische' bijdrage van ICT aan de TFP-groei ziet, heeft hij dit niet verder onderzocht. In dit memorandum doen we dit wel door in het model expliciet rekening te houden met de toegenomen ICT-adoptie van andere bedrijven en door toepassen van schattingsmethoden welke rekening houdt met de correlatie tussen bedrijfsspecifieke effecten en opgenomen variabelen.

<sup>8</sup> Technisch gesproken: de effecten als gevolg van de ICT adoptie van andere bedrijven komen in de storing van het model terecht. Daardoor is de storing van het model gecorreleerd met 'eigen' ICT-kapitaal en dit kan een positieve vertekening van de geschatte elasticiteit tot gevolg hebben.

<sup>9</sup> Door gebruik te maken van schattingsmethoden voor panel data houden we rekening met de correlatie tussen bedrijfsspecifieke effecten en de opgenomen variabelen.

### 2.2.3 Productiviteit en marktwerking

Zoals eerder aangehaald veronderstelt de growth-accounting aanpak volledige concurrentie op alle markten en dat de technologie van elk bedrijf wordt gekenmerkt door constante schaalopbrengsten voor elk niveau van de inputs.

De eerste veronderstelling lijkt echter minder aannemelijk voor delen van de tertiaire diensten.

Een gebrek aan marktwerking hangt o.a. samen met de mate van productdifferentiatie. Dit laatste is juist één van de belangrijkste structuurkenmerken van deze sector (zie Kox, 2002).

Griffith (2001) laat zien dat het negeren van onvolledige concurrentie kan leiden tot een vertekening van zowel de niveaus als de groei van growth-accounting TFP. Als (output)markt  $m$  wordt gekenmerkt door onvolledige concurrentie, dan zijn de prijzen daar niet meer gelijk aan marginale kosten ( $MC$ ). Als we de prijselasticiteit als een maatstaf voor concurrentie zien, dan geldt:

$$\frac{P_t}{MC_t} \equiv \mu_{m,t} = \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_{m,t}}\right)^{-1} > 1,$$

met  $\varepsilon_{m,t}$  de prijselasticiteit van de vraag en  $\mu_{m,t}$  een 'mark-up' factor, die varieert over markten en in de tijd.<sup>10</sup>

Er kan worden aangetoond dat bij onvolledige concurrentie de vertekening van TFP(groei) afhangt van de (veranderingen in de) factorintensiteiten. Met deze 'bias' kunnen we rekening houden door de kostenaandelen te corrigeren met een schatting van de 'mark-up' factor.

Bijvoorbeeld voor ICT-kapitaal geeft dit:

$$\frac{S_{ICT,t}^{ga}}{\hat{\mu}_{m,t}}.$$

Deze correctie zorgt ervoor dat de kostenaandelen beter corresponderen met de gewichten voor het berekenen van 'Divisia' TFP-groei. De implementatie ervan is echter afhankelijk van de beschikbare data (zie verder paragraaf 3.2.2).

## 2.3 Implicaties voor empirische modellen

### 2.3.1 Inleiding

In dit memorandum willen we het bestaan van ICT-spillover effecten toetsen met zowel de growth-accounting als de productiefunctie aanpak. Dit doen we door de TFP-term in (4) en (5) te 'parametriseren'. Anders gezegd, we voegen variabelen toe aan het model toe waarvoor op grond van theoretische argumenten aannemelijk is dat zij TFP op één of andere manier kunnen

<sup>10</sup> Volledige mededinging op outputmarkten correspondeert met  $\varepsilon_{m,t} \rightarrow -\infty$  en dus  $\mu_{m,t} = 1$ .

beïnvloeden. Een grove indeling van de potentiële variabelen omvat de volgende twee categorieën:

- indicatoren die verwijzen naar de specifieke kenmerken van ICT-technologie, en
- indicatoren verwijzend naar andere innovaties dan ICT

#### **Externe ICT-spillover effecten**

ICT-spillovers zijn volgens de theorie te interpreteren als de resultante van een specifieke vorm van belichaamde technische vooruitgang. Het specifieke zit in de netwerkeigenschappen van deze technologie. Het rendement van ICT-investeringen van een willekeurig bedrijf hangt in potentie samen met de bereidheid van haar omgeving om in dezelfde technologie te investeren.

We nemen dit theoretisch argument mee in de empirische implementatie in de vorm van een indicator voor externe ICT-spillovers. Deze indicator duidt aan in welke mate de directe omgeving van een bedrijf in ICT heeft geïnvesteerd en daarmee de mogelijkheden van een bedrijf aangeeft te ‘communiceren’ met andere bedrijven. Op deze wijze kunnen we het effect van ‘groe-externaliteiten’ meer direct kwantificeren.

Onze aanpak veronderstelt dat externe ICT-investeringen de efficiencywinsten van de eigen ICT-investeringen kunnen vergroten en daarmee bedrijven in staat stellen de grenzen van hun productiemogelijkheden te verschuiven. De omvang van de ‘spillover pool’ geeft daarbij een indicatie van de mogelijke leereffecten van het toenemend gebruik van ICT. Een alternatieve benadering waarbij de modellering van rent spillovers centraal staat is gelet op de beschikbare data niet goed te implementeren.<sup>11</sup> Onze – min of meer pragmatische – aanpak benadrukt dus het belang van zogenaamde technologie spillovers en het belang van intra-sectorale activiteiten.

#### **Bijdrage innovatie aan TFP**

Naast ICT-spillovers zijn er natuurlijk ook andere factoren die TFP beïnvloeden. In Van Leeuwen en Van der Wiel (2003b) is aangetoond dat zowel technologische als niet-technologische innovaties een significant effect op het TFP-niveau hebben. Om deze reden houden we ook rekening met innoveren in meer brede zin. De mogelijke interactie tussen ICT en innovaties laten we hier buiten schot, die zijn in Van Leeuwen en Van der Wiel (2003b) al aan de orde geweest.

<sup>11</sup> ICT-externaliteiten in de vorm van zogenaamde rent spillovers (zie paragraaf 2.2.2.) veronderstellen dat transactiekosten afnemen door toenemend ICT gebruik. Het modelleren van dergelijke spillover effecten vereist informatie over de nabijheid en onderlinge afhankelijkheid van marktpartijen. Om deze reden is het modelleren van rent spillovers beter te implementeren op sectorniveau (zie Mun en Nadiri, 2002, voor een recent voorbeeld terzake van ICT-spillovers).

### 2.3.2 Modelvarianten

Zoals gezegd bekijken we beide aanpakken op het bestaan van spillover effecten. Dit onderzoeken we met behulp van econometrische methoden. Hieronder geven we een korte beschrijving van hoe dat in concreto zal worden uitgevoerd.

#### A) De productiefunctie variant

Deze variant splitst de TFP-component van productiefunctie (1) verder uit door ICT-spillover-kapitaal en innovatie mee te nemen. Deze variabelen voegen we toe om te voorkomen dat de parameters voor de traditionele inputs door ‘simultaniteit’ en weggelaten variabelen vertekend zijn:

$$y_{it} = \alpha_{ICT} k_{ICT,it} + \alpha_O k_{O,it} + \beta I_{it} + \gamma_4 sict_{it} + \alpha_i + \sum_{s=1}^S \lambda_s D_s t + \beta_1 D_{i,ICT} + \beta_2 D_{i,Inno} + v_{it}. \quad (7a)$$

In (7a) is  $sict_{it}$  de (logaritme van) de ICT-spillover indicator,  $\alpha_i$  de bijdrage aan TFP van bedrijfsspecifieke effecten en is  $v_{it}$  een storingsterm. De bijdrage van innovatie aan TFP is vertegenwoordigd door de dummyvariabele  $D_{i,Inno}$ . Verder houden we rekening met een verschillende trend voor TFP per bedrijfstak (aangegeven met de term  $\sum_{s=1}^S \lambda_s D_s t$ ) en de verschillen in TFP niveaus die samenhangen met de initiële ICT-intensiteit (de term  $D_{i,ICT}$ ).<sup>12</sup> Voor de exogene bedrijfstakspecifieke trend onderscheiden we de volgende bedrijfstakken:

- Groothandel (exclusief handel en reparatie van auto's: SBI-code 51);
- Detailhandel (exclusief handel en reparatie van auto's, SBI-code 52);
- Zakelijke dienstverlening (SBI code 71 - 74);
- Groot- en detailhandel en reparatie van auto's (SBI-code 501 - 505);
- Overige zakelijke diensten (SBI-code 55, 90).

Vergelijking (7a) specificeert dat verschillen in TFP ook samenhangen met niet-waargenomen bedrijfsspecifieke effecten. Voor hun invloed kunnen we corrigeren door het model te herschrijven naar een groeivergelijking:

$$\Delta y_{it} = \alpha_{ICT} \Delta k_{ICT,it} + \alpha_O \Delta k_{O,it} + \beta \Delta I_{it} + \gamma_4 \Delta sict_{it} + \sum_{s=1}^S \lambda_s D_s + \xi_{it}. \quad (7b)$$

<sup>12</sup> De dummyvariabelen voor innovatie heeft de waarde 1 als bedrijven in 1994 - 1998 hebben geïnnoveerd, ongeacht het type van innovatie. De dummyvariabele voor de initiële ICT-intensiteit is bepaald door per bedrijfsgroep (3-digit SBI) voor 1994 de mediaan voor het aandeel van ICT-kapitaal in de totale kapitaalgoederenvoorraad te bepalen. Bedrijven met een aandeel van ICT-kapitaal groter dan de voor hun bedrijfsgroep geldende mediaan zijn gekwalificeerd als ICT-intensief.

## B) De growth-accounting variant op TFP

Waar de traditionele growth-accounting eigenlijk ophoudt, gaat deze variant verder met het verklaren van de TFP met econometrische hulpmiddelen. Deze variant geeft vergelijkingsmateriaal met studies die op hogere aggregatieniveau op dezelfde wijze zijn uitgevoerd. De te verklaren variabele is de berekenende TFP (i.c. de restpost) uit vergelijking (4a) op bedrijfsniveau, waarbij de kostenaandelen zijn gecorrigeerd voor onvolledige concurrentie (aangegeven met  $TFP_{it}^{cga}$ ). Deze variabele regresseren we vervolgens op de drie traditionele inputs, de indicator voor ICT-spillovers en innovatievariabelen. Op deze wijze kunnen we direct toetsen of er een verband bestaat tussen TFP en ICT(-spillovers). Als immers in werkelijkheid het marginaal product van ICT groter is dan het kostenaandeel dan bestaat er een directe relatie tussen ICT-kapitaal en TFP. Evenals bij variant A gebruiken we ook hier twee vergelijkingen:

$$TFP_{it}^{cga} = \gamma_1 k_{ICT,it} + \gamma_2 k_{O,it} + \gamma_3 I_{it} + \tilde{\gamma}_4 sict_{it} + \tilde{\alpha}_i + \sum_{s=1}^S \tilde{\lambda}_s D_s t + \tilde{\beta}_1 D_{i,ICT} + \tilde{\beta}_2 D_{i,Inno} + \tilde{v}_{it}, \quad (8a)$$

en

$$\Delta TFP_{it}^{cga} = \gamma_1 \Delta k_{ICT,it} + \gamma_2 \Delta k_{O,it} + \gamma_3 \Delta I_{it} + \tilde{\gamma}_4 \Delta sict_{it} + \sum_{s=1}^S \tilde{\lambda}_s D_s + \tilde{\xi}_{it}. \quad (8b)$$

In de empirische implementatie schatten we (7a) en (7b) respectievelijk (8a) en (8b) simultaan onder de restrictie dat de coëfficiënten van de niveau- en de groeivergelijkingen gelijk zijn.

Met variant A kan een indruk worden verkregen of spillover effecten ‘blijven staan’ als we de veronderstelling van constante schaalopbrengsten die bij variant B vastligt, loslaten. De ‘spillover effecten’ kunnen namelijk ook nog samenhangen met positieve schaalopbrengsten in alle inputs.<sup>13</sup> Bij deze variant zouden we overigens dezelfde aanpak kunnen volgen als bij variant B door  $dTFP_t^e$  als residu op te vatten. Dit is echter niet aan te bevelen als ICT gelijktijdig zowel via TFP als via kapitaalverdieping aan de productiviteitsgroei bijdraagt. Technisch gesproken is er dan sprake van een simultaneiteitsprobleem. Dit probleem kan tot gevolg hebben dat de schatting voor  $\hat{\alpha}_{ICT}$  te hoog is.

Wat kunnen we zoal verwachten aan uitkomsten? In ieder geval verwachten we bij variant A dat de coëfficiënt van ‘eigen’ ICT-kapitaal ( $\alpha_{ICT}$ ) in (7a) significant en positief is. Als de bijdrage van ICT ook via spillovers bijdraagt aan TFP, dan is te verwachten dat de coëfficiënt van ‘eigen’ ICT-

<sup>13</sup> Als alle inputs met 10% toenemen en de productiviteit groeit met 15%, is het verschil tussen 15 en 10% dan exclusief toe te wijzen aan toegenomen ICT gebruik?

kapitaal lager uitkomt dan in een model zonder spillovers en de coëfficiënt van ICT-spillovers ( $\gamma_4$ ) significant groter is dan nul.

Bij variant B zijn  $\gamma_i$  en  $\tilde{\gamma}_4$  de cruciale variabelen waar het rond mogelijke ICT-spillovers om draait. Een of beide variabelen moeten dan significant van nul verschillen. Zoals gezegd heeft de ICT-spillover indicator vooral te maken met kennis-spillovers. De interpretatie van de coëfficiënt van 'eigen' ICT-kapitaal in (8a en 8b) is lastiger. Enerzijds kan de uitkomst iets zeggen over rent-spillovers, anderzijds kunnen ook meetfouten en schaalopbrengsten er door heen spelen.

## 3 Data

### 3.1 Inleiding

In dit memorandum gebruiken we het bedrijvenpanel uit Van Leeuwen en Van der Wiel (2003a). Deze dataset omvat alle bedrijven waarvoor gegevens over ICT- en overig kapitaal zijn geconstrueerd. Een subset van de bedrijven – het zgn. innovatiepanel (zie Van Leeuwen en Van der Wiel, 2003b) – gebruiken we voor de modellen waarin innovatie als mogelijke determinant van productiviteit is opgenomen.

Voor de te schatten modellen is een aantal extra variabelen vereist die niet direct beschikbaar zijn. Dit hoofdstuk beschrijft hoe we deze variabelen hebben geconstrueerd.

### 3.2 Constructie en herberekening variabelen

#### 3.2.1 Constructie ICT-spillover indicator

In beide varianten zoals beschreven in hoofdstuk 2 nemen we dezelfde indicator voor ICT-spillovers in de vergelijking op. Analoog aan de procedure die vaak voor R&D spillovers is gevolgd (zie b.v. Coe en Helpman, 1995) definiëren we voor een willekeurig bedrijf een ‘spillover pool’ als de totale voorraad ICT-kapitaal (na ophoging) voor de sector (=j) en brengen hierop de voorraad van het bedrijf (=i) zelf in mindering.<sup>14</sup>

$$SICT_{it}^j = \sum_{j=1, j \neq i}^{N(i)} ICT_{jt}$$

Zoals uitgelegd, het idee is dat ICT groei-externaliteiten als het ware belichaamd zijn in een externe fictieve kapitaalgoederenvoorraad (‘spillover pool’) die in de vorm van technologie spillovers diensten levert aan een bedrijf.<sup>15</sup> Het hoeft geen betoog dat ICT-spillover-kapitaal een zeer moeilijk te operationaliseren concept is en dat deze variabele niet meer dan een benadering van ICT-externaliteiten kan zijn.

Een voor de hand liggend punt van kritiek zou kunnen zijn dat het gekozen aggregatieniveau te laag is. ICT kent immers in principe geen grenzen. Een tegenargument is echter dat de meeste bedrijven van de onderzoekspopulatie eerder op lokale – of regionale – dan op wereldmarkten opereren. Immers, de data bestaan uit bedrijven in de groot- en detailhandel en de zakelijke dienstverlening.

<sup>14</sup> Een sector is gedefinieerd als het CPB-aggregatieniveau van de IO-tabel (IO-regels).

<sup>15</sup> Deze aanpak berust op de veronderstelling dat de toegenomen ‘externe’ ICT-adoptie ‘technologische’ ICT-spillovers genereren.



De spillover indicator richt zich vooral op de onderlinge relaties tussen bedrijven in een bedrijfstak en niet op de afzetrelatie met andere bedrijfstakken of actoren. Door het gebruik van individuele bedrijfsdata is het niet mogelijk om die relaties voldoende in beeld te krijgen. Het mogelijke 'meetprobleem' is echter om een andere reden mogelijk minder groot. Vooral bedrijven/branches in de zakelijke dienstverlening blijken in sterke mate onderling aan elkaar te leveren.<sup>16</sup>

Overigens houdt een te hoog aggregatieniveau het risico in dat de groei van ICT-spilloverkapitaal niet goed is te onderscheiden van een trend. Om de effecten van ICT-spillovers en de exogene (niet-belichaamde) technologische vooruitgang toch uit elkaar te kunnen houden nemen we in de vergelijkingen ook bedrijfstakdummies op.

### 3.2.2 Berekening TFP op microniveau

Voor de toepassing van growth accounting variant dient TFP (in logaritmen) op bedrijfsniveau te worden berekend. We gebruiken hiervoor vergelijking (4). Het kostenaandeel van arbeid is direct te bepalen omdat we voor elk bedrijf beschikken over de toegevoegde waarde en de totale arbeidskosten. Voor de twee kapitaalinputs is de berekening echter minder eenvoudig, daar het overige inkomen over beide inputs moet worden verdeeld. Dit lossen we op door het overige inkomen te verdelen op basis van de kapitaalkosten. Kapitaalkosten voor ICT- en overig kapitaal zijn geraamd met behulp van voorraden en de gebruikskosten per eenheid kapitaal.<sup>17</sup> Een extra complicatie bij microdata is dat het overig inkomen negatief kan zijn. In dat geval kiezen we niet de toegevoegde waarde maar de totale kosten als normering.<sup>18</sup>

#### Correctie TFP voor onvolledige concurrentie

De berekende kostenaandelen corrigeren we voor marktspecifieke verschillen in concurrentie. Daar informatie ontbreekt over marginale kosten van productiefactoren en outputprijzen per bedrijf, gebruiken we hiervoor een benadering. De 'mark-up' factor is hier gedefinieerd als de verhouding tussen de gemiddelde prijs en de gemiddelde totale kosten.<sup>19</sup> Deze ratio berekenen we voor elke markt  $m$ . Daarbij definiëren we een markt als de bedrijven behorende tot dezelfde bedrijfsgroep (3-digit SBI). Onder de veronderstelling van constante schaalopbrengsten leidt dit tot de volgende uitdrukking voor de gecorrigeerde TFP ( $TFP_{it}^{cga}$ ) voor bedrijf  $i$  in jaar  $t$ :

<sup>16</sup> Zo ontvangt de branch 'Juridische -, boekhoudkundige - en economische dienstverlening' haast de helft van haar verbruik uit de branch zelf.

<sup>17</sup> De berekening van de gebruikskosten voor ICT en overig kapitaal staat beschreven in Van Leeuwen en Van der Wiel (2003a).

<sup>18</sup> Overigens zijn bedrijven met een negatieve score voor de toegevoegde waarde niet in het onderzoek meegenomen.

<sup>19</sup> Deze veronderstelling is onontkoombaar bij gebruik van bedrijfsgegevens (zie ook bijvoorbeeld Klette, 1999).

$$TFP_{it}^{cga} = y_{it} - \frac{S_{ICT,it}^{ga}}{\hat{\mu}_{m,t}} k_{ICT,it} - \frac{S_{O,it}^{ga}}{\hat{\mu}_{m,t}} k_{O,it} - \left(1 - \frac{S_{ICT,it}^{ga}}{\hat{\mu}_{m,t}} - \frac{S_{O,it}^{ga}}{\hat{\mu}_{m,t}}\right) l_{it} \quad (9)$$

$$\text{met } \hat{\mu}_{m,t} = \frac{PY_{m,t}}{TC_{m,t}} \cong \frac{P_{m,t}}{MC_{m,t}},$$

en  $TC$  het totaal van de arbeidskosten en de gebruikskosten van ICT - en overig kapitaal. De in (9) toegepaste correctie impliceert dat bij onvolledige concurrentie de beloningen van de productiefactoren ICT - overig kapitaal neerwaarts worden bijgesteld. Verder valt met behulp van (9) in te zien dat voor markten die tenderen naar volledige concurrentie ( $\hat{\mu}_{m,t} = 1$ ) vergelijking (9) overgaat in (4).

Tabel 3.1 geeft een samenvatting van de verschillen tussen de kostenaandelen voor de tertiaire diensten volgens de traditionele growth-accounting en het gemiddelde van de ‘mark-up’ factoren voor het complete panel en het innovatiepanel. Het kostenaandeel van ICT blijkt in de range van 4 à 4½% te liggen. Dit is belangrijk lager dan de output elasticiteit voor ICT-kapitaal die we voor dezelfde data vonden (zie Van Leeuwen en Van der Wiel, 2003a). In de growth-accounting krijgt ICT-kapitaal dus een lagere weging bij de berekening van TFP dan in de econometrische variant. Zoals gezegd kan dit duiden op het bestaan van spillover effecten.

**Tabel 3.1 Kostenaandelen standaard growth-accounting en gemiddelde ‘mark-up’, tertiaire diensten.**

	Compleet panel <sup>a</sup>	Innovatiepanel <sup>b</sup>
Overig kapitaal	0,237	0,291
ICT-kapitaal	0,045	0,041
Arbeid	0,719	0,668
Totaal	1,000	1,000
Gemiddelde ‘mark-up’ factor 1994 - 1998	1,202	1,260

<sup>a</sup> Bedrijven (N = 7828) met kapitaaldata voor de periode 1994-1998.

<sup>b</sup> Innovatoren: bedrijven (N = 1451) met technologische of niet-technologische innovatie in 1994-1998.

Naast de uitkomsten voor het volledige panel kijken we ook naar die van ‘innovatoren’. Innovatoren zijn de bedrijven uit het innovatiepanel die gedurende de gehele periode 1994-1998 technologische - of niet-technologische innovaties hebben doorgevoerd. Innovatoren blijken

gemiddeld een iets hogere ‘mark-up’ hebben dan niet-innovatoren: ca. 20% voor alle bedrijven tegenover ca. 26% voor innovatoren.<sup>20</sup>

#### Vergelijking TFP-niveau en -groei innovatoren en niet-innovatoren

De TFP-niveaus komen gemiddeld tussen de 17 en 20 procent hoger uit na de ‘mark-up’ correctie (zie tabel 3.2). Deze correctie voor marktwerking heeft ook een positieve invloed op de groei van de TFP.

Zoals ook uit eerder onderzoek bleek (Van Leeuwen en Van der Wiel, 2003b) hebben innovatoren een belangrijk hoger TFP-niveau dan het gemiddelde voor alle bedrijven. Eveneens blijkt dat de TFP-groei van innovatoren in de periode 1994-1998 aanzienlijk hoger lag dan de gemiddelde groei voor alle bedrijven. Naast dat innovatie een belangrijke achterliggende verklaring is gebleken voor dit verschil, zou het verschil ook zijn toe te schrijven aan een mogelijk grotere impact van spillovers bij innovatoren. Hoofdstuk 4 gaat dit verder na.

**Tabel 3.2 TFP-niveaus en TFP groei vóór en na correctie voor onvolledige concurrentie, tertiaire diensten**

	Alle bedrijven	Innovatiepanel
TFP niveau 1998 (vóór correctie voor concurrentie bias, x 1000 EURO)	11,3	17,4
TFP niveau 1998 (na correctie voor concurrentie bias, x 1000 EURO)	13,6	20,5
TFP-groei vóór correctie <sup>a</sup>	0,7	1,9
TFP-groei na correctie <sup>a</sup>	0,9	2,3

<sup>a</sup> Gemiddelde groei 1994 - 1998.

<sup>20</sup> Op industriedata voor de VK vond Griffith (2001) een gemiddelde mark-up in de orde van grootte van 18 %. In tabel 3.1 komen we hoger uit omdat we de ‘mark-up’ factoren berekenen ten opzichte van de kosten exclusief intermediair verbruik.

## 4 Resultaten

### 4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk presenteert de schattingsresultaten op bedrijfsgegevens voor de growth accounting en de productiefunctie aanpak voor de Nederlandse tertiaire diensten.<sup>21</sup> Zoals reeds opgemerkt, schatten we niveau- en bijbehorende groeivergelijkingen simultaan onder de restrictie dat de coëfficiënten van de niveau- en de groeivergelijkingen gelijk zijn. We gebruiken daarbij de groeivergelijkingen voor de jaren 1996, 1997 en 1998 en de niveauevergelijking voor het jaar 1998. De overige waarnemingen gebruiken we voor het construeren van zogenaamde instrumentele variabelen. De gehanteerde schattingsprocedure staat bekend onder de naam SYS-GMM (zie van Leeuwen en van der Wiel, 2003a, voor meer uitleg).

De belangrijkste onderzoeksvragen zijn:

- verschilt de hoogte van de elasticiteit van ICT-kapitaal in het model met of zonder ICT-spillover indicator (paragraaf 4.2)?
- wat is de bijdrage van ICT aan TFP berekend volgens de growth-accounting en de ‘econometrie’ (paragraaf 4.3)?
- vinden we op het niveau van individuele bedrijven andere uitkomsten dan op hoger niveau in bedrijfstakstudies (paragraaf 4.4)?

### 4.2 Resultaten productiefunctie variant

#### 4.2.1 Schatting productiefunctie zonder en met ICT-spillovers

In de productiefunctie aanpak wordt TFP berekend als residu van de schatting van de productiefunctie. We starten daarom met het schatten van vergelijkingen (7a) met en zonder de ICT-spillovers en (in beide gevallen) zonder rekening te houden met een bijdrage van innovatie aan TFP. We gebruiken dus de volgende vergelijkingen als uitgangspunt.<sup>22</sup>

$$y_{it} = \alpha_{ICT} k_{ICT,it} + \alpha_O k_{O,it} + \beta I_{it} + \alpha_i + \sum_{s=1}^S \lambda_s D_s t + v_{it},$$

en

$$y_{it} = \alpha_{ICT} k_{ICT,it} + \alpha_O k_{O,it} + \beta I_{it} + \gamma_4 sict_{it} + \alpha_i + \sum_{s=1}^S \lambda_s D_s t + \beta_1 D_{i,ICT} + v_{it}.$$

<sup>21</sup> De modellen zijn ook geschat voor de industrie. De betreffende resultaten zijn opgenomen in bijlage A.

<sup>22</sup> We geven in het vervolg alleen de niveauevergelijkingen als voorbeeld.

Tabel 4.1 geeft de resultaten. We zien dat de bijdrage van ICT aan de (groei van de) arbeidsproductiviteit niet in onbelangrijke mate als een spillover effect in TFP terecht komt (zie de derde kolom van tabel 4.1): de ICT-spillover indicator neemt een deel van het bijdrage aan de arbeidsproductiviteitsgroei van ‘eigen’ ICT-kapitaalverdieping over. De bijdrage van eigen ICT-kapitaal blijft echter wel significant van nul verschillend.

**Tabel 4.1 Schatting productiefuncties met en zonder ICT-spillover kapitaal, complete panel tertiaire diensten<sup>a</sup>**

	Zonder ICT-spillovers		Met ICT-spillovers	
	Schatting	T-waarde	Schatting	T-waarde
Elasticiteit ICT-kapitaal	0,077	11,5	0,029	4,1
Elasticiteit overig kapitaal	0,122	5,1	0,144	3,2
Elasticiteit arbeid	1,034	23,7	0,964	23,0
Effect ICT-spillovers op TFP	x	x	0,079	2,2
Effect initiële ICT-intensiteit op TFP	x	x	0,034	0,8
Schaalparameter <sup>b</sup>	[0,233]	[10,5]	[0,137]	[4,4]
R <sup>2</sup>	0,81		0,85	

<sup>a</sup> Te verklaren variabele is toegevoegde waarde in prijzen van 1995; aantal observaties is 7828. In beide modellen is rekening gehouden met een per bedrijfstak verschillende (exogene) niet belichaamde technische vooruitgang.

<sup>b</sup> De schaalparameter is berekend met behulp van de schattingen voor de coëfficiënten van arbeid, ICT- en overig kapitaal.

Verder ondersteunen de uitkomsten het in eerder onderzoek gevonden resultaat dat ICT-intensieve bedrijven een hogere TFP-groei hebben, hoewel de significantie slechts zwak significant is bij een model met ICT-spillovers (zie ‘Effect ICT-intensiteit’). De ICT-spillover indicator neemt blijkbaar een deel van bijdrage van de initiële ICT-intensiteit aan TFP over. Niet onbelangrijk is tot slot te vermelden dat de hypothese dat in de tertiaire diensten belangrijke schaalvoordelen zijn te behalen hier opnieuw wordt bevestigd (zie Kox, 2002, en Kox et al., 2003). Dit bewijst de significant positieve schatting voor de schaalparameter.

#### 4.2.2 Schatting productiefunctie op innovatiepanel

ICT en innovatie kunnen samengaan. Daarom is het niet denkbeeldig dat de uitbreiding van het model met innovatievariabelen tot andere resultaten voor de verhouding tussen ICT-kapitaalverdieping en ICT-spillovers kan leiden. Om dit te onderzoeken hebben we de productiefunctie herschat op het innovatiepanel. We vergelijken hier dus de resultaten behorende bij de volgende vergelijkingen:

$$y_{it} = \alpha_{ICT} k_{ICT,it} + \alpha_O k_{O,it} + \beta I_{it} + \alpha_i + \sum_{s=1}^S \lambda e_s D_s t + \beta_1 D_{i,ICT} + \beta_2 D_{i,Inno} + v_{it}$$

en

$$y_{it} = \alpha_{ICT} k_{ICT,it} + \alpha_O k_{O,it} + \beta I_{it} + \gamma_4 sict_{it} + \alpha_i + \sum_{s=1}^S \lambda_s D_s t + \beta_1 D_{i,ICT} + \beta_2 D_{i,Inno} + v_{it}$$

Tabel 4.2 laat zien dat het resultaat van tabel 4.1 in grote lijnen blijft staan als we de vergelijkingen herschatten voor het innovatiepanel en innovatievariabelen aan het model toevoegen. Ten eerste neemt ook hier de hoogte van de elasticiteit van eigen ICT-kapitaal af zodra rekening wordt gehouden met ICT-spillovers. Overigens valt de hoogte van de (significante) elasticiteit iets lager uit voor de innoverende bedrijven dan voor het complete panel (0,025 versus 0,029).

**Tabel 4.2** Schatting productiefuncties met en zonder ICT-spillover kapitaal, innovatiepanel tertiaire diensten<sup>a</sup>

	Zonder ICT-spillovers		Met ICT-spillovers	
	Schatting	T-waarde	Schatting	T-waarde
Elasticiteit ICT-kapitaal	0,046	4,2	0,025	2,6
Elasticiteit overig kapitaal	0,119	2,1	0,177	3,5
Elasticiteit arbeid	0,545	6,9	0,543	8,3
Effect ICT-spillovers op TFP	x	x	0,131	2,7
Effect initiële ICT-intensiteit op TFP	0,029	1,2	0,037	0,7
Effect innovatie op TFP	0,289	5,7	0,273	5,7
Schaalparameter <sup>b</sup>	[-0,290]	[3,7]	[-0,254]	[3,6]
R <sup>2</sup>	0,74		0,75	

<sup>a</sup> Te verklaren variabele is toegevoegde waarde in prijzen van 1995; aantal observaties is 1451. In beide modellen is rekening gehouden met een per bedrijfstak verschillende (exogene) niet belichaamde technische vooruitgang.

<sup>b</sup> De schaalparameter is berekend met behulp van de schattingen voor de coëfficiënten van arbeid, ICT- en overig kapitaal.

De tweede overeenkomst is dat ook bij het innovatiepanel ICT-spillovers er toe doen. De schatting voor de ICT-spillover indicator ligt met een elasticiteit van 0,13 zelfs nog iets hoger dan in tabel 4.1 (i.c. 0,08). Dit verklaart mogelijk de hogere TFP-groei die we in paragraaf 3.2 signaleerden.

Er zijn ook twee (modelmatige) verschillen te vermelden. Ten eerste blijkt ook hier dat innovatie een belangrijke determinant van verschillen in TFP is (zie ook van Leeuwen en van der

Wiel, 2003b). Dat blijft ook zo als we ICT-spillovers in het model opnemen. De hoogte van de elasticiteit is hier zelfs iets hoger dan in genoemd onderzoek.<sup>23</sup>

Het tweede belangrijke verschil tussen het complete panel en het innovatiepanel is dat we bij de laatste geen toenemende schaalvoordelen vinden, maar zelfs afnemende schaalopbrengsten.<sup>24</sup> Dit uit zich onder meer in een veel lagere elasticiteit van arbeid. Zoals reeds opgemerkt in Van Leeuwen en Van der Wiel (2003b) hangt dit verschil in schaalopbrengsten waarschijnlijk samen met de positieve correlatie tussen de bedrijfsomvang en innoveren. Dit leidt ertoe dat er relatief meer kleine bedrijven voorkomen in het complete panel dan in het innovatiepanel. Het gegeven dat schaalopbrengsten negatief zijn voor het segment van de grotere bedrijven en positief worden als ook de kleinere bedrijven in de analyse worden betrokken is anderzijds een aanwijzing voor het bestaan van optimale schaalgrootte in de diensten (zie Kox, et al., 2003).

### 4.3 Resultaten growth-accounting variant

De tweede variant om het bestaan van ICT-spillovers te onderzoeken is door de 'gemeten' TFP berekend volgens de growth-accounting (en na correctie voor onvolledige concurrentie) als de te verklaren variabele te nemen:

$$TFP_{it}^{cga} = \gamma_1 k_{ICT,it} + \gamma_2 k_{O,it} + \gamma_3 l_{it} + \tilde{\gamma}_4 sict_{it} + \tilde{\alpha}_i + \sum_{s=1}^S \tilde{\lambda}_s D_s t + \tilde{\beta}_1 D_{i,ICT} + \tilde{v}_{it}$$

en

$$TFP_{it}^{cga} = \gamma_1 k_{ICT,it} + \gamma_2 k_{O,it} + \gamma_3 l_{it} + \tilde{\gamma}_4 sict_{it} + \tilde{\alpha}_i + \sum_{s=1}^S \tilde{\lambda}_s D_s t + \tilde{\beta}_1 D_{i,ICT} + \tilde{\beta}_2 D_{i,Inno} + \tilde{v}_{it}$$

De resultaten staan in tabel 4.3 en bevestigen dat ICT-spillovers een belangrijke component van TFP zijn. Voor het complete panel (kolom 2) komt dit tot uiting in de zeer significante schatting voor de coëfficiënt van (eigen) ICT-kapitaal. Dit resultaat komt overeen met de verwachting van Stiroh (2002) dat een wig tussen de geschatte elasticiteit van ICT kapitaal en het kostenaandeel van ICT een spillover effect in zich bergt. Daar bij de berekening van TFP *vooraf* geen rekening

<sup>23</sup> In Van Leeuwen en Van der Wiel (2003b) vonden we een schatting variërend van 0,12 (voor bedrijven die in de gehele periode 1994-1998 niet-technologische innovaties hebben toegepast) tot 0,166 (voor 'permanent' technologisch innoverende bedrijven). Als we rekening houden met de standaardfout, dan is de schatting voor de bijdrage van innovatie aan TFP van tabel 4.2 echter niet significant hoger dan de hiervoor genoemde uitkomsten.

<sup>24</sup> Een verklaring voor de verschillen in de schaalparameters tussen tabellen 4.1. en 4.2 is dat het innovatiepanel relatief meer grote bedrijven bevat (zie van Leeuwen en van der Wiel, 2003b).

is gehouden met ICT spillovers vinden we deze ICT spillovers dus terug in de TFP-regressies van tabel 4.1.

**Tabel 4.3 Schattingen TFP regressies, tertiaire diensten <sup>a</sup>**

	Complete panel (N = 7828)		Innovatiepanel (N = 1451)	
	Schatting	T-waarde	Schatting	T-waarde
Elasticiteit ICT-kapitaal	0,070	8,2	0,021	1,5
Elasticiteit overig kapitaal	- 0,189	- 3,4	- 0,212	- 1,7
Elasticiteit arbeid	0,306	5,9	0,142	1,2
Effect ICT-spillovers op TFP	0,005	0,1	0,097	1,5
Effect initiële ICT-intensiteit op TFP	0,007	0,1	0,253	2,2
Effect innovatie op TFP	x	x	0,703	6,6
R <sup>2</sup>	0,65		0,72	

<sup>a</sup> Te verklaren variabele is TFP gecorrigeerd voor 'onvolledige concurrentie'. In beide modellen is rekening gehouden met een per bedrijfstak verschillende (exogene) niet belichaamde technische vooruitgang.

Opvallend is ook dat deze uitkomst nagenoeg gelijk is aan de gevonden coëfficiënt voor de ICT-spillover indicator van de uitgebreide productiefunctie (zie kolom 3 van tabel 4.1). Daarentegen is de schatting voor de ICT-spillover-indicator voor het complete panel gelijk aan nul en niet significant. Deze uitkomst wijkt af van de productiefunctie variant. Dit suggereert dat kennisspillovers van ICT in de growth accounting variant juist geen rol zouden spelen. Voor het innovatiepanel (kolom 3) liggen de uitkomsten meer in lijn met de productiefunctie variant en zijn de externe ICT-effecten verdeeld over 'eigen' ICT-kapitaal en de bijdrage van de ICT-spillover indicator.

Welke conclusies kunnen we aan deze tegenstrijdige uitkomsten verbinden? De tegenstelling is goed te begrijpen. De productiefunctie variant schat de elasticiteiten van de traditionele inputs conditioneel op de mogelijkheid dat de (groei van) output behalve met eigen ICT-kapitaalverdieping ook direct samenhangt met ICT-spillovers en schaaffecten. De growth-accounting variant houdt daarentegen geen rekening met toe- of afnemende schaalopbrengsten, noch met groei-externaliteiten voor de verdeling van de arbeidsproductiviteitsgroei over ICT-kapitaalverdieping en TFP-groei. Dat verklaart de verschillen tussen tabel 4.1 en tabel 4.3.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Als we de schattingen van tabel 4.1. gebruiken voor het berekenen van TFP volgens vergelijking (9) en deze 'econometrisch' bepaalde TFP gebruiken als afhankelijke variabele, dan zijn - zoals te verwachten - de coëfficiënten van de traditionele inputs (inclusief eigen ICT-kapitaal) gelijk aan nul. Wel vinden we dan een significant positieve schatting voor de ICT-spillover indicator welke gelijk is aan die van kolom 1 uit tabel 4.1.



Zoals we in tabel 4.1 zagen bij de productiefunctie variant, wordt de veronderstelling van constante schaalopbrengsten duidelijk verworpen ten gunste van toenemende schaalopbrengsten bij schatting op het complete panel. Dit resultaat vinden we eveneens terug bij de growth accounting variant in de vorm van een positieve elasticiteit voor arbeid. Naast ICT-spillovers vormen schaaleffecten dus een tweede belangrijke component van TFP (-groei). Het schaaleffect is wederom kleiner voor het innovatiepanel.

Verder vinden we bij de growth-accounting variant een tamelijk hoge schatting voor de bijdrage van innovatie aan TFP. Deze schatting lijkt minder plausibel dan het gevonden innovatie-effect in de productiefunctie variant (zie kolommen 2 en 4 van tabel 4.2). Een is dat de effecten van innovatie niet los kunnen worden gezien van de bijdragen van arbeid en kapitaal aan de productiviteit. In de growth-accounting worden de laatste effecten immers uit de output(groei) verwijderd, waarna vervolgens de bijdrage van innovatie wordt onderzocht. Een mogelijk positieve correlatie tussen innovatie en bedrijfsgrootte wordt echter wel meegenomen in de productiefunctie aanpak.

In tabel 4.2 zagen we ook dat er voor het innovatiepanel sprake is van afnemende schaalopbrengsten en dat dit verband houdt met de positieve correlatie tussen bedrijfsgrootte en innoveren. Bij de berekening van TFP zijn we echter uitgegaan van constante schaalopbrengsten. Het is dus aannemelijk dat de relatief hoge coëfficiënt van innovatie in de TFP regressies (relatief t.o.v. de uitkomst voor de productiefunctie variant van tabel 4.2) te maken heeft met de onjuiste aanname van constante schaalopbrengsten.

#### **4.4 Decompositie arbeidsproductiviteitsgroei**

Wat levert de voorgaande exercities op microniveau op? Deze paragraaf kijkt wat de implicaties zijn van beide varianten als we de bijdragen van kapitaalverdieping en TFP aan de groei van de arbeidsproductiviteit uit rekenen. Een interessante tweede vraag is of deze decompositie voor individuele bedrijfsgegevens andere resultaten geeft dan uit de macro/meso-studie van Van der Wiel (2001) volgt.

Om de vergelijking tussen deze Nederlandse micro- en meso-studies mogelijk te maken zijn voor de growth-accounting variant twee berekeningen uitgevoerd. Ten eerste is op individuele bedrijfsgegevens een decompositie uitgevoerd met de 'standaard' growth-accounting methodiek. In het alternatief zijn de 'gecorrigeerde' kostenaandelen als wegingschema's voor de inputs gebruikt.

Bij de productiefunctie variant rekenen we voor de decompositie vergelijking (5) door. Daarbij gebruiken we de geschatte elasticiteiten van ICT- en overig kapitaal uit de tabellen 4.1 en 4.2 voor het bepalen van de 'capital deepening' effecten. De procedure voor het berekenen van

deze ‘econometrische’ TFP-groei is daarom vergelijkbaar met de growth-accounting aanpak.<sup>26</sup> Het enige verschil is dat de gewichten (geschatte coëfficiënten) nu constant over de bedrijven en de tijd zijn.

**Tabel 4.4**      **Decompositie van arbeidsproductiviteitsgroei op bedrijfsniveau, 1994-1998** <sup>a</sup>

	growth-accounting		productiefunctie
	Standaard	Na correctie voor ‘mark-up’	
	mutaties in % per jaar		
Alle bedrijven	1.5	1.5	1.5
w.v. ICT-kapitaal	0.5	0.4	0.5
Overig kapitaal	0.3	0.2	0.2
TFP	0.7	0.9	0.8
w.v. ICT-spillovers	NA	NA	1,5
Schaaleffecten	NA	NA	0,4
Rest	NA	NA	- 1,1
Innovatoren	2.6	2.6	2.6
w.v. ICT-kapitaal	1,0	0,7	0,8
Overig kapitaal	- 0,3	- 0,4	0,0
TFP	1,9	2,3	1,8
w.v. ICT-spillovers	NA	NA	2,7
Schaaleffecten	NA	NA	- 0,6
Rest	NA	NA	- 0,3

<sup>a</sup> Bijdrage ICT, overig kapitaal en TFP op basis van geometrische gemiddelden.

Tabel 4.4 vat de resultaten van dit alles samen. Een eerste conclusie is dat beide varianten grosso modo hetzelfde beeld opleveren voor de decompositie van de arbeidsproductiviteitsgroei: de bijdrage van TFP is de belangrijkste component, gevolgd door ICT-kapitaalverdieping. Ook in de productiefunctie aanpak vinden we een hogere TFP-groei voor innovatoren dan het gemiddelde over alle bedrijven. Zoals de uitsplitsing van de TFP-groei laat zien, hangt die hogere TFP-groei duidelijk samen met ICT-spillovers. Anderzijds is de bijdrage van ICT-kapitaalverdieping voor innovatoren bijna het dubbele van het overeenkomstige effect voor alle bedrijven. ICT geeft dus langs twee wegen een impuls aan de productiviteit: direct via ICT-kapitaalverdieping en indirect door de bijdrage van ICT-spillovers aan TFP-groei.

Tot slot keren we terug naar twee centrale vragen:

- geven de twee methoden voor de decompositie van de productiviteitsgroei verschillende uitkomsten, en

<sup>26</sup> Het gevolg van deze keuze is dat schaaffecten in de TFP-groei terecht komen.

- hoe verhouden de hier gepresenteerde resultaten zich tot die van de growth-accounting op bedrijfstakdata?

De uitkomsten van dit memorandum indiceren dat de verschillen in methoden voor wat betreft de impact van ICT minder groot zijn dan op grond van Van Leeuwen en Van der Wiel (2003a) verwacht zou worden. De uitkomsten laten zien dat bijdrage van ICT-kapitaalverdieping aan de arbeidsproductiviteitsgroei niet substantieel verschilt tussen de growth-accounting en de productiefunctie aanpak als we expliciet rekening houden met spillover effecten. Voor alle bedrijven vinden we een bijdrage in de orde van grootte van ca. 0,5%-punt ofwel een derde deel van de arbeidsproductiviteitsgroei. Hoewel groter in absolute zin, is de bijdrage van ICT-kapitaalverdieping voor innovatoren relatief even groot (0,7%-punt op 2,6 %).

Vergeleken met de bovenvermelde resultaten voor de diensten zijn er drie opvallende verschillen met de industrie (zie bijlage). Bij het complete panel wordt de coëfficiënt van 'eigen' ICT-kapitaal in de industrie niet kleiner als in het model spillovers expliciet worden meegenomen. Dit duidt erop dat de rol van ICT in de dienstensector anders is dan in de industrie (zie ook Van Leeuwen en Van der Wiel, 2003b). In de industrie is het effect van overig kapitaal groter dan in de diensten. Een verschil dat plausibel lijkt gegeven het feit dat de industrie gemiddeld kapitaalintensiever is. Daarentegen is de omvang van de schaafeffecten anders dan bij de diensten. Bij het complete panel zijn de toenemende schaalopbrengsten in de industrie aanmerkelijk kleiner en bij het innovatiepanel is er geen sprake van afnemende schaalopbrengsten.

Resumerend: de twee verschillende aanpakken voor het kwantificeren van de bijdrage van ICT aan de productiviteitsgroei leiden tot een vergelijkbaar direct ICT-effect en een relatief even belangrijke bijdrage van TFP. Laatstgenoemde uitkomst hangt deels samen met het gegeven dat in de growth-accounting verschillende factoren (bijvoorbeeld marktwerking en spillovers) elkaar kunnen compenseren. Het voordeel van de productiefunctie aanpak is dat zij meer inzicht geeft in de samenstelling van TFP-groei dan de (traditionele) growth-accounting aanpak.

Wanneer we vervolgen de micro-resultaten naast die van meso leggen –zoals in tabel 4.5 is gedaan– blijkt dat de uitkomsten redelijk sporen. Bij de micro-resultaten vinden we wel een iets groter effect van ICT-kapitaalverdieping dan bij de corresponderende bedrijfstak-uitkomsten van Van der Wiel (2001).<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Zie Van der Wiel (2001, tabel C4): onze uitkomsten zijn vergelijkbaar met het gemiddelde over 'wholesale and retail trade' en 'market services'. Bedacht zij, dat we in dit onderzoek - anders dan in Van der Wiel (2001) - gebruik maken van een 'hedonische' deflator. Daardoor vinden we in dit onderzoek een hogere groei voor ICT-kapitaal.

**Tabel 4.5**      **Vergelijking Nederlandse micro en meso resultaten: decompositie arbeidsproductiviteitsgroei, 1994-1998** <sup>a</sup>

	Meso-resultaten Van der Wiel (2001) growth-accounting	Micro-resultaten Productiefunctie
	mutaties in % per jaar	
Tertiaire diensten <sup>b</sup>	1¼	1,5
w.v. ICT-kapitaal	¼	0,5
Overig kapitaal	½	0,2
TFP	1	0,8
w.v. ICT-spillovers	NA	1,5
Schaaleffecten	NA	0,4
Rest	NA	-1,1

<sup>a</sup> Bijdrage ICT, overig kapitaal en TFP op basis van geometrische gemiddelden.

<sup>b</sup> Het betreft hier hoofdzakelijk de bedrijfstakken groot- en detailhandel, horeca en zakelijke dienstverlening.

Ons onderzoek met individuele bedrijfsgegevens toont aan dat ICT-spillovers zowel in de diensten als in de industrie een zeer belangrijke component van TFP-groei zijn. De bijdragen van ICT-spillovers en – bij de diensten – schaalopbrengsten aan de TFP-groei zijn volgens tabel 4.5 echter dermate groot dat de restcomponent van de TFP-groei negatief uitkomt. Enige voorzichtigheid bij de interpretatie is dus geboden. Een voor de hand liggende verklaring is dat dit resultaat verband houdt met aggregatieproblematiek. In tegenstelling tot de groeidecompositie op meso of macro niveau wegen alle bedrijven even zwaar in de ‘micro variant’ van de groeidecompositie.<sup>28</sup> De bijdrage van ICT-spillovers aan de TFP-groei zou dus overschat kunnen zijn omdat we relatief veel kleine bedrijven in het panel hebben. Daarnaast speelt natuurlijk mee dat ICT-spillovers op bedrijfsniveau niet echt goed zijn te meten. De in dit onderzoek gebruikte spillover indicator houdt bijvoorbeeld geen rekening met de verschillende rol van aanbieders en leveranciers voor ICT spillover effecten. Verder onderzoek naar de operationalisering en kwantificering van spillover effecten en de ‘link’ tussen micro en macro productiviteitsgroei is dus gewenst.

<sup>28</sup> In de ‘micro variant’ gebruiken we geometrische gemiddelde groeicijfers omdat we werken met de schattingen van een multiplicatief model.

Dit document vergelijkt de growth-accounting methode met een productiefunctie aanpak om de bijdrage van ICT aan de groei van de arbeidsproductiviteit te kwantificeren en onderzoekt daarbij het belang van ICT-spillovers. Het gebruikt daarbij Nederlandse microdata van bedrijven uit (delen van) de tertiaire diensten voor de periode 1998-1999.

Beide methoden kiezen dezelfde productiefunctie als uitgangspunt. Toch is tot nu toe in de empirische praktijk gebleken dat de twee aanpakken tot verschillende resultaten kunnen leiden. Een voorbeeld is dat econometrische schattingen niet zelden wijzen op een hogere bijdrage van ICT-kapitaalverdieping aan de productiviteit dan in de growth-accounting wordt gevonden. Dit zou suggereren dat de TFP-component van de productiviteit in de growth-accounting wordt overschat.

Dit memorandum introduceert een ICT-spillover effecten in de productiefunctie. De ICT-spillover indicator duidt aan in welke mate de directe omgeving van een bedrijf in ICT heeft geïnvesteerd, en daarmee de mogelijkheden van een bedrijf aangeeft te 'communiceren' met andere bedrijven. Hiermee kwantificeren we het effect van 'groei-externaliteiten' meer direct. ICT-spillovers worden in dit verband opgevat als een 'ontbrekende' variabele die gecorreleerd is met de eigen voorraad ICT-kapitaal en langs die weg tot een te hoge schatting van het ICT-kapitaalverdieping kan leiden.

Nagegaan is hoe gevoelig de schattingen voor de elasticiteit van ICT-kapitaal voor deze 'weggelaten' variabele is. Het onderzoek laat zien dat na uitbreiding van het model met een ICT-spillover-indicator, de schatting voor de bijdrage van ICT-kapitaalverdieping aan de productiviteit omlaag gaat en dichterbij de macro-uitkomsten komt te liggen. Ook voor de selectie van innoverende bedrijven vinden we hetzelfde patroon in de uitkomsten. Dit suggereert dat de bijdrage van ICT aan de productiviteit in belangrijke mate een spillover effect is en dat het negeren van 'spillovers' een overschatting van de bijdrage van ICT-kapitaalverdieping aan de arbeidsproductiviteit kan opleveren.

Het onderzoek levert verder nog een aantal interessante uitkomsten op rond innovatie. Deels zijn deze een bevestiging van eerder gevonden resultaten. Zo blijkt voor de diensten dat innovatie een belangrijke determinant van verschillen in productiviteit is. Innovatoren blijken zowel een hoger TFP-niveau als een hogere TFP-groei te hebben dan het gemiddelde voor de sector.

Resumerend, het vinden van spillover effecten van ICT duidt er op dat er vraagtekens achter de neoklassieke gedachte kunnen worden gezet. In die gedachte levert ICT alleen via kapitaalverdieping bij aan een hogere arbeidsproductiviteit. De growth-accounting methode is geënt op de neoklassieke gedachte. Weliswaar komen de resultaten van dit document goed overeen met recente growth-accounting uitkomsten op bedrijfstak- of macroniveau, maar deze

laatste aanpak is beperkter. De growth-accounting methode is een meer pragmatische aanpak om snel inzicht te krijgen in de 'proximate causes' achter de ontbinding van de productiviteitsgroei in de componenten kapitaalverdieping en TFP. In deze aanpak kan TFP niet meer dan een residu zijn. Dit memorandum oppert dat groei-externaliteiten in de vorm van ICT-spillovers voor individuele bedrijven een 'ultimate cause' van TFP-groei kunnen zijn.

Dit memorandum zet eerste stappen om ICT-spillovers op bedrijfsniveau te meten. ICT-spillovers lijken te hebben gespeeld in de onderzochte periode 1994-1998. Echter, enige voorzichtigheid over de interpretatie is nodig. Een drietal kanttekeningen.

Ten eerste, micro-onderzoek op basis van CBS-data kent zijn beperkingen en niet in het minst door beperkingen in deze data zelf. Dit heeft consequenties gehad voor de lengte van de tijdreeksen en de beschikbare verklarende factoren. De tijdreeksen bestrijken een relatief korte periode en verminderen daarmee de mogelijkheid om de dynamiek voldoende nauwkeurig in kaart te brengen. Daarnaast wordt deze periode gekenmerkt door een sterke toename van de ICT-investeringen, die in veel mindere mate zich heeft doorgezet in recentere jaren.

Ten tweede, de geconstrueerde spillover indicator is voor verbetering vatbaar. Ze houdt bijvoorbeeld geen rekening met de verschillende rol van aanbieders en leveranciers voor ICT spillover effecten. Een mogelijkheid voor vervolgonderzoek is om de ICT-spillovers op hoger aggregatieniveau te onderzoeken en daarbij rekening te houden met de afhankelijkheid van zowel afnemers als toeleveranciers zoals in een recente NBER-studies van Mun en Nadiri (2002) is gedaan. Belangrijke vraag is dan of de resultaten in dezelfde richting wijze als die op basis van microgegevens. Wel is het daarbij relevant om de mogelijke samenhang met R&D (spillovers) mee te nemen, want dat is in dit onderzoek niet gebeurd.

Tot slot, menselijk kapitaal blijft geheel buiten beeld daar individuele bedrijfsgegevens ontbreken. Echter, menselijk kapitaal, innovatie en investeringen in ICT zijn in sterke mate met elkaar gecorreleerd.<sup>29</sup> Menselijk kapitaal maakt het mogelijk kennis beter te benutten. Analyses waarin een van de drie genoemde factoren ontbreken leiden vrijwel automatisch tot een overschatting van de wel opgenomen factoren.

Verder onderzoek naar de operationalisering en kwantificering van spillover effecten en de 'link' tussen micro en macro productiviteitsgroei is dus gewenst.

<sup>29</sup> Zie Donselaar et al., 2003.

## Literatuur

- Balk, B.M., 2000, Divisia Price and Quantity Indices: 75 Years After. Mimeo Department of Statistical Methods, Statistics Netherlands.
- Bartelsman, E.J. en J. Hinloopen, 2000, De verzilvering van een groeibelofte, in *ICT en de economie*, Koninklijke Vereniging voor Staathuishoudkunde, Preadviezen 2000.
- Berndt, E.R. en C.J. Morisson, 1995, "High-Tech Capital Formation and Economic Performance in U.S. Manufacturing Industries: An Exploratory Analysis, *Journal of Econometrics* 65: 9-43.
- Black, S.E. and L.M. Lynch, 2000, What's driving the new economy: the benefits of workplace innovation, *NBER Working Paper series*, No. 7479, January 2000.
- Bresnahan, T. F., E. Brynjolfsson en L.M. Hitt, 2002, Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence, *Quarterly Journal of Economics* 117: 339-376.
- Brynjolfsson, E. en L. Hitt, 1995, Information Technology As A Factor Of Production: The Role of Differences Among Firms, *Economics of Innovation and New Technology* 3, pp. 183-199.
- Brynjolfsson, E. en L.M. Hitt, 2000, Computing Productivity: Firm-Level Evidence. Mimeo.
- Coe, D.T en E. Helpman, 1995, 'International R&D Spillovers', *European Economic Review*, 39, pp. 859-887.
- Donselaar, P., H. Erken en Luuk Klomp, 2003, Innovatie en productiviteit: een studie op macro, meso en micro niveau, EZ onderzoeksreeks No. 3., Ministerie van Economische Zaken.
- Griffith, R., 2001, Product Market Competition, Efficiency and Agency Costs: An Empirical Analysis, The Institute For Fiscal Studies, WP01/12, London.
- Klette, T.J., 1999, Market power, scale economies and productivity: estimates from a panel of establishment data, *Journal of Industrial Economics*, vol XLVIII no 4, pp. 451-476.
- Kox, H., 2002, *Growth challenges for the Dutch business services industry; international comparison and policy issues*, Special study No. 40, CPB, The Hague.

Kox, H.L.M, G. van Leeuwen en H.P. van der Wiel, 2003, Schaalvoordelen zakelijke dienstverlening onder de loep, CPB (nog te verschijnen).

Leeuwen, G. van, en H.P. van der Wiel, 2003a, Relatie ICT en productiviteit: Een analyse met Nederlandse bedrijfsgegevens, CPB memorandum no 57.

Leeuwen, G. van, en H.P. van der Wiel, 2003b, ICT, innovaties en productiviteit: Een analyse met Nederlandse bedrijfsgegevens, CPB memorandum no 61.

McKinsey (2001), US Productivity Growth 1995-2000: Understanding the Contribution of Information Technology Relative to Other Factors, McKinsey Global Institute, Washington D.C.

Mun, S-B en M.I. Nadiri, 2002, Information technology externalities: empirical evidence from 42 U.S. industries, *NBER Working Paper 9272*, October 2002.

Stiroh, K.J., 2002, Are ICT spillovers driving the New Economy? *Review of Income and Wealth*, Vol. 48, no 1, March 2002.

Wiel, H.P. van der, 2001, *Does ICT Boost Dutch Productivity Growth?*, CPB Document No. 16.



## Bijlage A Spillovers in industrie: belangrijkste uitkomsten

In de hoofdtekst staan de uitkomsten voor de mogelijke spillover effecten van ICT op productiviteit in de tertiaire diensten. In deze bijlage laten we de belangrijkste uitkomsten voor de industrie zien.

De modellen die we gebruiken onderscheiden in principe dezelfde variabelen. Er is echter één verschil. Als we de modellen schatten op het innovatiepanel, dan gebruiken we voor innovatie geen categoriale variabelen maar nemen we de innovatie-output als maatstaf voor (verschillen in) innovativiteit. Innovatie-output is gedefinieerd als het procentuele aandeel van nieuwe en of verbeterde producten in de omzet. Deze variabele vatten we op als een endogene variabele. Om die redenen gebruiken we de vertraagde waarde voor innovatie-output en de innovatie-intensiteit (totale innovatiekosten geschaald op de omzet) als extra instrumentele variabelen.

### Resultaten voor productiefuncties

Tabel A1 geeft de resultaten voor de productiefunctie met en zonder ICT-spillover kapitaal voor alle bedrijven en tabel A2 dezelfde resultaten voor het innovatiepanel. Evenals bij de tertiaire diensten vinden we voor de industrie dat ICT-spillovers significant bijdragen aan de productiviteit. De coëfficiënt van de ICT-spillover indicator is voor beide datasets echter wel belangrijk kleiner dan bij de diensten. Het tegenovergestelde geldt voor de coëfficiënt van overig kapitaal. De (relatief) hogere kapitaalintensiteit en kleinere rol van ICT in de industrie vinden we dus in de schattingsresultaten terug. Een opmerkelijk verschil met de uitkomsten

**Tabel A1 Schatting productiefuncties met en zonder ICT-spillover kapitaal, alle bedrijven industrie<sup>a</sup>**

	Zonder ICT-spillovers		Met ICT-spillovers	
	Schatting	T-waarde	Schatting	T-waarde
Elasticiteit ICT-kapitaal	0,022	2,5	0,033	3,3
Elasticiteit overig kapitaal	0,214	8,2	0,263	11,5
Elasticiteit arbeid	0,936	15,8	0,801	15,4
Effect ICT-spillovers op TFP	x	x	0,033	2,2
Effect initiële ICT-intensiteit op TFP	x	x	0,006	1,3
Schaalparameter <sup>b</sup>	[0,172]	[4,2]	[0,097]	[2,7]
R <sup>2</sup>	0,88		0,90	

<sup>a</sup> Te verklaren variabele is toegevoegde waarde in prijzen van 1995; aantal observaties is 2558. In beide modellen is rekening gehouden met een per bedrijfstak verschillende (exogene) niet belichaamde technische vooruitgang.

<sup>b</sup> De schaalparameter is berekend met behulp van de schattingen voor de coëfficiënten van arbeid, ICT- en overig kapitaal.

voor de diensten is dat de elasticiteit van eigen ICT-kapitaal zelfs iets (zij het niet significant) hoger wordt als we ICT-spillovers in de vergelijking meenemen. Ook dit patroon heeft mogelijk te maken met het gegeven dat ICT in de industrie een andere rol speelt dan in de diensten.

**Tabel A2 Schatting productiefuncties met en zonder ICT-spillover kapitaal, innovatiepanel industrie<sup>a</sup>**

	Zonder ICT-spillovers		Met ICT-spillovers	
	Schatting	T-waarde	Schatting	T-waarde
Elasticiteit ICT-kapitaal	0,035	3,6	0,017	1,7
Elasticiteit overig kapitaal	0,337	11,5	0,346	12,6
Elasticiteit arbeid	0,635	10,5	0,625	10,9
Effect ICT-spillovers op TFP	x	x	0,034	3,4
Effect initiële ICT-intensiteit op TFP	0,078	0,7	0,092	0,9
Effect innovatie op TFP	0,103	1,2	0,125	1,3
Schaalparameter <sup>b</sup>	[0,007]	[0,2]	[0,004]	[0,1]
R <sup>2</sup>	0,90		0,90	

<sup>a</sup> Te verklaren variabele is toegevoegde waarde in prijzen van 1995; aantal observaties is 716. In beide modellen is rekening gehouden met een per bedrijfstak verschillende (exogene) niet belichaamde technische vooruitgang.

<sup>b</sup>De schaalparameter is berekend met behulp van de schattingen voor de coëfficiënten van arbeid, ICT- en overig kapitaal.

Opmerkelijk is voorts dat er voor het complete panel sprake is van toenemende schaalopbrengsten en voor het innovatiepanel van constante schaalopbrengsten. Dit verschil weerspiegelt dat ook in de industrie de kans op innoveren toeneemt met de bedrijfsgrootte. Wel is er ook in de industrie sprake van een bijdrage van innovatie aan TFP, hoewel het verband niet erg sterk is. De resultaten verschillen in dit opzicht niet veel van die gepresenteerd in van Leeuwen en van der Wiel (2003b).

### Resultaten voor TFP-regressies

Vervolgens kijken we ook naar de schattingsresultaten voor de TFP-regressies. Tabel A3 laat zien dat ICT op twee manieren bijdraagt aan de industriële TFP: zowel de coëfficiënten van ‘eigen’ ICT-kapitaal en van de ICT-spillover indicator zijn significant. In beide regressies zijn ze echter kleiner dan de overeenkomstige uitkomsten voor de tertiaire diensten. Verder vinden we hier geen significant innovatie-effect op TFP. Zoals in paragraaf 4 is opgemerkt, kan dit te maken hebben met de ‘twee-stap’ aanpak die in de growth-accounting wordt gevolgd.

Samenvattend: het opnemen van ICT-spillovers in het model levert dus geen substantieel andere resultaten op voor de bijdrage van ICT-kapitaalverdieping aan de arbeidsproductiviteitsgroei voor de industrie dan eerder gepresenteerd (zie van Leeuwen en van

der Wiel, 2003a). Wel is aangetoond dat er ook hier duidelijk sprake is van een bijdrage van ICT-spillovers aan TFP-(groei).

**Tabel A3 TFP-regressies, industrie<sup>a</sup>**

	Alle bedrijven (N = 2558)		Innovatiepanel (N = 716)	
	Schatting	T-waarde	Schatting	T-waarde
Elasticiteit ICT-kapitaal	0,032	3,8	0,023	2,3
Elasticiteit overig kapitaal	-0,218	-11,1	-0,212	-7,2
Elasticiteit arbeid	0,210	4,8	0,139	2,3
Effect ICT-spillovers op TFP	0,023	2,5	0,036	2,8
Effect initiële ICT-intensiteit op TFP	0,007	1,6	-0,002	-0,1
Effect innovatie op TFP			0,065	0,7
$R^2$	0,46		0,40	

<sup>a</sup> Te verklaren variabele is TFP gecorrigeerd voor 'onvolledige concurrentie'. In beide modellen is rekening gehouden met een per bedrijfstak verschillende (exogene) niet belichaamde technische vooruitgang.

#### **Decompositie van de arbeidsproductiviteitsgroei.**

Ter afsluiting geven we in tabel A4 de decompositie van de arbeidsproductiviteitsgroei voor de industrie op analoge wijze als in paragraaf 4.4 gepresenteerd voor de diensten. Het belangrijkste verschil ten opzichte van de decompositie voor de tertiaire diensten betreft het 'capital deepening' effect van overig kapitaal. Voor de industrie is dit belangrijk hoger dan in de diensten (zie tabel 4.3). Met uitzondering van de decompositie behorende bij de productiefunctie aanpak voor innovatoren, blijken beide typen kapitaalverdieping even belangrijk te zijn. Daarbij varieert de bijdrage van ICT aan de arbeidsproductiviteitsgroei van 25 tot 35%. Voor de innovatoren vinden we in de productiefunctie aanpak wel een opmerkelijk hogere bijdrage aan de arbeidsproductiviteitsgroei van overig kapitaal. Deze is meer dan het dubbele van de uitkomst van growth-accounting op bedrijfsniveau. Dit verschil houdt met name verband met de (gemiddeld) relatief hoge groei van overig kapitaal bij innovatoren.

**Tabel A4 Decompositie van arbeidsproductiviteitsgroei op bedrijfsniveau, industrie 1994 -1998 <sup>a</sup>**

	growth-accounting		productiefunctie
	Standaard	Na correctie voor 'mark-up'	
	mutaties in % per jaar		
Alle bedrijven	2,0	2,0	2,0
w.v. ICT-kapitaal	0,7	0,5	0,7
Overig kapitaal	0,8	0,6	0,6
TFP	0,5	0,9	0,7
w.v. ICT spillovers	NA	NA	0,7
Schaaleffecten	NA	NA	0,1
Innovatoren	2,3	2,3	2,3
w.v. ICT-kapitaal	0,8	0,6	0,6
Overig kapitaal	0,6	0,5	1,2
TFP	0,9	1,2	0,5
w.v. ICT-spillovers	NA	NA	0,7
Schaaleffecten	NA	NA	0,0

<sup>a</sup> Bijdrage ICT, overig kapitaal en TFP op basis van geometrische gemiddelden.