

Hoofdafdeling : Bedrijfstakken (III)  
Afdeling : ICA  
Samenstellers : George van Leeuwen en Henry van der Wiel  
Nummer : 57  
Datum : 11 februari 2003

## Relatie ICT en productiviteit: Een analyse met Nederlandse bedrijfsgegevens

Dit document beschrijft eerst hoe gegevens over ICT-kapitaal worden geconstrueerd op bedrijfsniveau in Nederland. Directe metingen van kapitaalvariabelen op bedrijfsniveau zijn voor de meeste bedrijven niet beschikbaar, daarom past dit document de bekende Perpetual Inventory Method toe. Vervolgens wordt met econometrische schattingstechnieken gekeken hoe groot het directe ICT-effect is op de productiviteitsgroei en of er verschillen zijn tussen de industrie en de dienstensector.

De belangrijkste conclusie uit de schattingen is dat ICT-kapitaal de productiviteitsgroei bevordert. De elasticiteiten van ICT-kapitaal liggen in de orde van grootte van 0.03 of hoger. Voor de tertiaire diensten vinden we gemiddeld genomen een hogere ICT-elasticiteit en rendement. In de onderzocht periode is zowel in de industrie als in de tertiaire diensten een inhaalslag bezig onder bedrijven die aanvankelijk weinig geïnvesteerd hadden in ICT. Opvallend is dat de gevonden elasticiteiten van ICT-kapitaal niet veel afwijken van de uitkomsten die door Brynjolfsson en Hitt (1995) werden gevonden op vergelijkbare gegevens voor de VS.

## Inhoud

1	Inleiding	3
2	Constructie ICT-kapitaal	5
2.1	Data	5
2.2	Toepassing Perpetual Inventory Method	8
2.3	Uitkomsten ICT-kapitaal	11
3	ICT-kapitaal en arbeidsproductiviteit	17
3.1	Modelspecificatie en schattingstechniek	17
3.3	Gevoeligheid uitkomsten	21
3.4	Interpretatie van uitkomsten	24
	3.4.1 Vergelijking met andere studies op individuele bedrijfsgegevens	24
	3.4.2 Het rendement van ICT investeringen	25
4	Conclusies	27
	Literatuur	29
	Bijlage A Datamateriaal	31
	Bijlage B Constructie balanced en unbalanced panel	33
	Bijlage C Gedetailleerde econometrische uitkomsten	35

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

Dit document beschrijft hoe gebruikmakend van individuele CBS-bedrijfsgegevens van Nederland uit de jaren negentig gegevens over ICT-kapitaal worden geconstrueerd. Het document berekent vervolgens hoe groot de effecten van ICT-kapitaal zijn op de productiviteitsgroei in verschillende bedrijfstakken. ICT zou namelijk de aanjager van de productiviteit kunnen zijn.

In de neo-klasseke theorie loopt de bijdrage van ICT aan de arbeidsproductiviteitsgroei uitsluitend via ‘capital deepening’: meer kapitaal per eenheid arbeid (zie o.a. Triplett (2001), Stiroh (2001)). Relatieve prijsdalingen van ICT-goederen leiden tot meer investeringen in ICT en substitutie van andere investeringsgoederen en arbeid. De toename van de arbeidsproductiviteit ontstaat door een beweging langs de ‘production frontier’. In moderne groeitheorieën kan ICT daarnaast zorgen voor een verschuiving van de productiegrenzen door spill-over effecten. Daarnaast genereert ICT netwerkeffecten aan de vraagzijde, waardoor de gebruiker schaalvoordelen ondervindt als er meer contactmogelijkheden zijn. Dit document concentreert zich vooral op het effect van ICT via kapitaalverdieping. Spill-over effecten en netwerkeffecten komen in een vervolgonderzoek aan bod.<sup>2</sup>

De relatie tussen het gebruik van ICT en productiviteitsgroei is op het niveau van de gehele economie (Van Ark et al. (2002), Van der Wiel (2001)) en op het niveau van de bedrijfstakken (Van der Wiel, 2001) reeds uitgebreid onderzocht voor Nederland. Evenals voor de VS (o.a. Jorgenson en Stiroh (2000) en Stiroh (2002)) wordt een bijdrage van ICT-kapitaal aan de toename van de Nederlandse arbeidsproductiviteit gevonden. Deze bijdrage is wel minder groot. In tegenstelling tot de VS (zie o.a. Lehr en Lichtenberg (1999), Brynjolfsson en Hitt (1996)), waar al enige jaren geleden dit soort onderzoeken verschenen, is op het niveau van het bedrijf nog maar weinig onderzoek gedaan naar de effecten van ICT in Nederland. Broersma et al. (2002) hebben gekeken naar de invloed van computers op de Nederlandse handel.<sup>3</sup> Zij vonden een positief productiviteitseffect. Met een iets andere invalshoek onderzochten Broersma en

<sup>1</sup> Het onderzoek is mede gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken (EZ) en werd in die hoedanigheid begeleid door Stephan Raes en George Gelauff, waarvoor dank. Ook leverde Pieter van Winden (AEP/EZ) nuttige suggesties. Verder willen we Harold Creusen, Henk Kox en Free Huizinga bedanken voor hun commentaar en suggesties op een eerdere versie van dit document. Delen van dit onderzoek zijn uitgevoerd op het Centre for Research of Economic Microdata (CEREM) van het CBS. De gedachten in dit paper zijn die van de auteurs en behoeven niet overeen te komen met die van het CBS.

<sup>2</sup> Op de mogelijkheid van spill-over effecten en netwerkeffecten door ICT gaan wel de binnenkort te verschijnen documenten *ICI-Innovaties en productiviteitsgroei* en *Levert ICT spill overs?* uitvoeriger in.

<sup>3</sup> Broersma et al. onderzochten de periode 1988-1994.

Brouwer (2001) het innovatieproces in enkele ICT-diensten. ICT-diensten blijken uit meer innovatieve bedrijven te bestaan dan elders.

Voor dit onderzoek maken we gebruik van individuele Nederlandse bedrijfsgegevens van het CBS over de periode 1993-1999. We richten ons daarbij op bedrijven in de industrie en de tertiaire diensten. De bedrijfsgegevens van het CBS omvatten onder meer informatie over productie, werkgelegenheid en investeringen. Aangezien directe metingen van kapitaalvariabelen op bedrijfsniveau voor de meeste bedrijven niet beschikbaar zijn, moeten deze worden geconstrueerd. Dit doen we door de Perpetual Inventory Method (PIM) toe te passen op de wel beschikbare investeringsreeksen op dat niveau.

Met de geconstrueerde ICT-variabele kijkt het document vervolgens naar het effect van kapitaalverdieping op de ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit in de industrie en de dienstensector. Hiervoor gebruiken we een productiefunctie en een balanced panel, zodat rekening kan worden gehouden met bedrijfsspecifieke effecten zoals managementkwaliteit.<sup>4</sup> De belangrijkste vragen die dit document aan de orde stelt zijn:

- Hoe groot is het directe ICT-effect op de productiviteitsgroei?
- Zijn er verschillen tussen de industrie en de dienstensector, en binnen de dienstensector.
- Hoe verhouden de Nederlandse uitkomsten zich in internationaal perspectief.

De opbouw van dit memorandum is als volgt. Paragraaf 2 beschrijft de gebruikte bronnen, geeft uitleg over de constructie van ICT-kapitaal op bedrijfsniveau met de PIM-methode en bespreekt de uitkomsten hiervan. Uitvoerig wordt ingegaan op de grote heterogeniteit in de mate van ICT-intensiteit onder bedrijven. Paragraaf 3 geeft een korte uitleg over de modelspecificatie en de gebruikte SYS-GMM schattingstechniek. Tevens laat de paragraaf zien hoe groot het directe effect van ICT-kapitaal is op de arbeidsproductiviteitstoename in de industrie en de tertiaire diensten. En paragraaf 3 gaat na wat dit (internationaal) betekent. Tot slot geeft paragraaf 4 de conclusies.

<sup>4</sup> Uit veel onderzoek op bedrijfsniveau blijkt dat er tussen bedrijven persistente productiviteitsverschillen bestaan (zie o.a. Bartelsman, E. J. en M. Doms, 2000). Deze verschillen hebben onder meer te maken verschillen in managementkwaliteit en werknemerskwaliteit.

## 2 Constructie ICT-kapitaal

### 2.1 Data<sup>5</sup>

Voor dit onderzoek maken we gebruik van individuele bedrijfsgegevens van het CBS over de periode 1993-1999. Het CBS verzamelt jaarlijks deze data door middel van een steekproef onder een groot deel van het Nederlandse bedrijfsleven. Daarbij worden bedrijven die meer dan 20 werknemers in dienst hebben integraal geënquêteerd. Bedrijven met minder dan 20 werknemers worden via een gestratificeerde steekproef onderzocht<sup>6</sup>, waarbij het percentage bedrijven dat onderzocht wordt sterk afneemt naarmate de bedrijfsgrootte kleiner wordt. Na ophoging van de laatste groep vormen deze beide groepen de bron voor de Productie Statistieken (PS).

In dit document richten we ons op twee belangrijke sectoren in de Nederlandse economie: de industrie en de tertiaire diensten. Daar de productiviteitsontwikkeling vooral in delen van de laatste sector teleurstellend is geweest (zie Van der Wiel, 2001), bestuderen we ook de effecten van ICT op lager aggregatieniveau binnen de tertiaire diensten.

De bedrijfsgegevens omvatten onder meer de variabelen productie, werkgelegenheid en investeringen. De productie kan uitgedrukt worden in termen van bruto productie, maar ook in termen van toegevoegde waarde daar ook informatie beschikbaar is over het verbruik. Beide productiebegrippen zijn in nominale waarden uitgedrukt. De werkgelegenheid is uitgedrukt in aantallen personen.<sup>7</sup> De PS-en vragen niet naar de omvang van de kapitaalgoederenvoorraad maar wel naar de investeringen.<sup>8</sup> Voor het construeren van een kapitaalgoederenvoorraad op bedrijfsniveau gebruiken we daarom de investeringsgegevens (zie verder paragraaf 2.2). De vragenlijst van de PS-en onderscheidt een aantal typen kapitaalgoederen. Voor dit onderzoek gaan we gemakshalve uit van twee typen:

- ICT-kapitaal
- Overig kapitaal

ICT-investeringen omvatten de investeringen in computers, bestaande uit o.a. de investeringen in hardware, standaard (besturings-)software en alle randbenodigdheden zoals een toetsenbord.

<sup>5</sup> Zie bijlage A voor nog meer informatie.

<sup>6</sup> Dit geldt niet voor de industrie, daar worden geen kleine bedrijven geënquêteerd.

<sup>7</sup> Voor de diensten neemt het CBS vanaf 1995 de factor arbeid ook in arbeidsjaren waar. Voor de onderlinge vergelijkbaarheid tussen de industrie en de diensten is de hoeveelheid personen als maatstaf voor de factor arbeid gekozen.

<sup>8</sup> Voor de statistiek Kapitaalgoederenvoorraad verzamelt het CBS wel informatie over de kapitaalgoederenvoorraad op bedrijfsniveau, maar dat zijn niet veel bedrijven en dekt ook grote delen van de economie niet.

Helaas zijn geen gegevens bekend van de investeringen in bepaalde andere vormen van software zoals applicatiesoftware.<sup>9</sup> Het overig kapitaal bestaat uit alle overige materiële investeringsgoederen zoals bedrijfsruimten, vervoermiddelen en overige machines en installaties.

Aangezien het gaat om de reële relatie tussen (ICT-)kapitaal en arbeidsproductiviteit zijn gegevens in constante prijzen nodig. Helaas bevatten de PS-en geen prijsindicatoren op dit niveau. Om niettemin toch over gegevens in constante prijzen te beschikken, maken we gebruik van enkele andere bronnen.

Voor de deflering van de bruto productie en het verbruik worden prijsindexcijfers afkomstig uit de Input/Output (I/O)-tabellen van Nationale Rekeningen (CBS) gebruikt. De nominale gegevens van de bruto productie en het verbruik zijn op het niveau van de I/O-regel gedeïnfleerd.<sup>10</sup> Prijsindexcijfers (1995=100) voor de totale investeringen zijn ontleend aan de deflatoren van de investeringen naar bestemming van Nationale Rekeningen, hierbij is voor zover mogelijk gedifferentieerd naar bedrijfstakken. Voor de ICT-goederen is een alternatieve prijsindexcijfer geconstrueerd, omdat uit onderzoek blijkt dat reguliere waarnemingen van statistische bureaus de prijsontwikkeling van ICT-goederen lijken te overschatten (Schreyer, 2001). Gebaseerd op het idee van Schreyer is het verschil tussen de prijsontwikkeling van de ICT-goederen en overige investeringsgoederen in de VS gezet op het Nederlandse cijfermateriaal.<sup>11</sup>

### **Constructie paneldata**

Voor het onderzoek op bedrijfsniveau zijn paneldata onontbeerlijk. Daarbij doen zich in principe twee opties voor: verschillende korte panels voor een groter aantal bedrijven (een zogenaamd 'unbalanced' panel) of - gegeven de beschikbare data - een zo lang mogelijke tijdreeks voor een kleiner aantal bedrijven (het balanced panel).

Aangezien de gevolgen van ICT veelal met enige vertraging effect heeft op de productiviteitsgroei kiezen we voor een balanced panel. De laatste optie doet echter minder recht aan de bedrijvendynamiek van de beschouwde sectoren, omdat de invloed van toe- en uittrading niet direct wordt meegenomen.<sup>12</sup> Zo was de toe- en uittrading van bedrijven in de dienstensector groot in de onderzoeksperiode. Bovendien zullen vanwege de steekproefmethode kleine

<sup>9</sup> Onduidelijk is echter of bijvoorbeeld de software van Microsoft Office buiten het investeringsbegrip van de PS valt.

<sup>10</sup> Impliciet veronderstellen we daarmee dat er geen variantie zit in de prijsontwikkeling tussen bedrijven binnen een bepaalde bedrijfstak.

<sup>11</sup> In paragraaf 3.4 analyseren we de gevoeligheid van de uitkomsten voor onder meer een andere ICT-prijsindicator.

<sup>12</sup> Natuurlijk zitten de mogelijke gedragsreacties van bestaande bedrijven op deze dynamiek wel verdisconteerd in ons onderzoek.

bedrijven in een balanced panel in grotere mate ondervertegenwoordigd zijn. Dit geldt met name voor de dienstensector met haar relatief kleinere bedrijven. Teneinde het informatieverlies zoveel mogelijk te beperken en als controle op de uitkomsten van het balanced panel construeren we ook een 'unbalanced' panel onder de restrictie dat per bedrijf tenminste 5 waarnemingen voor de investeringen beschikbaar zijn.

**Tabel 2.1 Dekkingsgraden balanced- en unbalanced panel**

Tak	Jaar	Balanced panel		Unbalanced panel	
		N <sup>a</sup>	dekkingsgraad <sup>b</sup>	N <sup>a</sup>	dekkingsgraad <sup>b</sup>
Industrie	1994	2594	56,5	2882	59,7
	1996	2594	56,1	2988	60,3
	1999	nvt	nvt	1642	30,5
Tertiaire diensten	1994	7829	38,3	8723	40,1
	1996	7829	38,2	11362	44,7
	1999	nvt	nvt	9713	42,5

<sup>a</sup> Aantal geënquêteerde bedrijven;

<sup>b</sup> Totalen bruto toegevoegde waarde als percentage van de uitkomsten volgens de Nationale Rekeningen uit Statline.

Tabel 2.1 geeft een indruk van de dekkingsgraden van zowel het balanced- als het unbalanced panel in vergelijking met de bedrijfstakuitkomsten volgens de Nationale Rekeningen. Door verhoging van de drempel van de steekproef in delen van de dienstensector, is de omvang van de enquête de laatste jaren niet gelijk opgegaan met de sterke groei van het aantal bedrijven in deze bedrijfstak. De dekkingsgraad vermindert daardoor. Dit komt ook door het wegvallen bedrijven en/of bedrijfstakken (zie kader). Hetzelfde geldt voor de industrie. Mede daarom is besloten om de onderzoeksperiode in te korten tot de periode 1994-1998.<sup>13</sup> Hierdoor is het panelbestand aanzienlijk omvangrijker dan als we de periode 1993-1999 zouden hebben gekozen.

#### **Dalende dekkingsgraden zorgwekkend**

Om de administratieve lasten van bedrijven te beperken wordt door het CBS getracht via andere wegen (o.a. elektronische wegen) de benodigde gegevens over het bedrijfsleven te verzamelen. Echter, ook door vermindering van aantallen geënquêteerde bedrijven wordt een oplossing gezocht. De laatste weg gaat ten koste van de dekkingsgraad. Voor onderzoek met individuele bedrijfsgegevens is deze tendens dan ook zorgwekkend. Dit is zeker het geval als van delen van een bedrijfstak, zoals de overige zakelijke dienstverlening voor het jaar 1999, opeens helemaal geen gegevens op bedrijfsniveau beschikbaar meer zijn.

<sup>13</sup> De keuze van het start jaar 1994 houdt ook verband met de aanloopproblemen als gevolg van de herinrichting van het Algemeen Bedrijfsregister en de SBI-herziening in 1993.

## 2.2 Toepassing Perpetual Inventory Method

Weliswaar meet het CBS de kapitaalgoederenvoorraad rechtstreeks bij bedrijven, dit aantal bedrijven is echter te beperkt en dekt zeker niet alle bedrijfstakken die in dit onderzoek centraal staan. Bij onvoldoende directe meetgegevens van de kapitaalgoederenvoorraad is de gangbare praktijk op geaggregeerd niveau, zoals bedrijfstakstudies, ICT-kapitaal te construeren met de Perpetual Inventory Method (PIM). Het ligt voor de hand om dit op bedrijfsniveau op analoge wijze te doen (zie kader voor een alternatief).<sup>14</sup> Voor PIM zijn tijdreeksen voor investeringen (in volumina), aannames ten aanzien van afschrijvingsvoeten en schattingen voor de initiële voorraden nodig. De bekende 'stock-flow' vergelijking, zoals onder andere vermeld in Hall en Mairesse (1995), vormt de basis:

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + I_{t-1} \quad (1)$$

met  $K$  de kapitaalgoederenvoorraad,  $\delta$  het lineaire afschrijvingspercentage (de reciproke van de levensduur van kapitaalgoed) en  $I$  de investeringen (in volumina) en met de beginvoorraad geraamd volgens formule:

$$K_0 = \frac{I_0}{g + \delta} \quad (2)$$

met  $g$  de groeivoet van de investeringen, en  $I_0$  representeert een schatting van de initiële investeringen in startjaar.

---

### Alternatieve constructie van kapitaalgoederenvoorraad

Een alternatieve methode voor het berekenen van de beginvoorraad van kapitaalgoederen is gegeven in Broersma e.a. (2002). Deze methode veronderstelt een directe samenhang tussen de lopende afschrijvingskosten en de investeringen uit het verleden. Onder de veronderstelling dat investeringen lineair worden afgeschreven op basis van de aanschafwaarde, kunnen de in de steekproefperiode waargenomen afschrijvingskosten worden gebruikt voor het herleiden van de investeringsreeksen voorafgaande aan de steekproefperiode. De herleide reeksen worden vervolgens gebruikt voor het ramen van de beginvoorraad kapitaal. Deze methode is overigens alleen toegepast voor de totale kapitaalgoederenvoorraad. De beginvoorraad ICT-kapitaal is in hun onderzoek gelijk aan nul gesteld. Het nadeel van deze methode is dat bedrijven er verschillende (financiële) afschrijvingsmethoden op na kunnen houden en deze ook nog kunnen wisselen in de tijd. Deze verschillen worden daardoor meegenomen in het onderzoek. In ons onderzoek kiezen we voor een aanpak die voor ieder bedrijf gelijk is. Onze aanpak heeft echter als veronderstelling dat de levensduur van investeringsgoederen niet verandert door de jaren heen.

---

<sup>14</sup> Overigens gebruikten onderzoeken met een soortgelijke probleemstelling zoals Brynjolfsson en Hitt (1996) en Lehr en Lichtenberg (1999) boekwaarden respectievelijk investeringen als indicator voor de inputfactor kapitaal.



De methode van Hall en Mairesse (1995) gebruikt een tweetal aannames voor respectievelijk de groei van het investeringsvolume in de jaren voorafgaand aan de onderzoeksperiode en afschrijvingspercentages. Voor de totale investeringen en de investeringen in computers zijn deze gegeven in tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Veronderstellingen 'pre-sample' groei investeringen en afschrijvingen**

	'Pre-sample' groei investeringen (=g) <sup>a</sup>		Afschrijvingspercentages(=δ)	
	Totaal	Computers	Totaal	Computers
	mutaties per jaar in %		in %	
Industrie	5,0	20,0	7,5	25,0
Groothandel	6,0	25,0	6,5	25,0
Detailhandel	6,0	27,5	6,5	25,0
Rest diensten (incl. horeca)	7,5	20,0	6,5	25,0

<sup>a</sup> De cijfers voor de groot- en detailhandel zijn ontleend aan Broersma e.a. (2002), die voor de sector diensten aan de CPB publicatie 'Lange tijdreeksen voor investeringen'.

Voor de totale kapitaalgoederenvoorraad en het ICT-kapitaal veronderstellen we een gemiddelde levensduur van 13-15 respectievelijk 4 jaar. Schattingen voor de initiële kapitaalgoederenvoorraad met formule (2) worden voor ICT-kapitaal direct berekend met behulp van de parameters uit tabel 2.2 en de feitelijke investeringen in het beginjaar (in volumina). Impliciet veronderstellen we dat dit investeringstype in die fase nog geen duidelijke conjunctuurcyclus laat zien.<sup>15</sup> Bedrijven waarvan gegevens over de computerinvesteringen in het beginjaar ontbreken krijgen een minimumwaarde van de betreffende bedrijfstak in de steekproef geïmputeerd.<sup>16</sup>

Voor de constructie van de totale voorraad voor de factor kapitaal volgen we een iets andere aanpak door de investeringen in het beginjaar te vervangen door het rekenkundig gemiddelde van de investeringen over 5 jaar. De achterliggende gedachte is dat de meeste investeringen in de regel een cyclisch verloop kennen, zodat het gemiddelde over de cyclus een beter uitgangspunt is voor de raming van de initiële voorraden.

#### **Robuustheid beïnvloedt door selectiviteitsproblemen en meetfouten?**

Op hoger aggregatieniveau, zoals het niveau van de bedrijfstak, geeft de constructie van gegevens over de inzet van de productiefactor kapitaal in het algemeen geen onoverkomelijke

<sup>15</sup> De trendmatige groei is dermate groot dat de conjunctuur component haast kan worden verwaarloosd. Gezien recente ontwikkelingen aan het begin van de 21e eeuw is deze veronderstelling niet meer mogelijk.

<sup>16</sup> Het verwijderen van deze bedrijven kan leiden tot een positieve vertekening voor de schattingen van het ICT effect in het vervolg van het onderzoek. Om deze reden zijn de betreffende bedrijven niet uit de data verwijderd, maar is een indicator variabele in de data opgenomen teneinde de robuustheid van parameterschattingen te toetsen.

problemen in Nederland (zie Van der Wiel, 2001). Doorlopende en consistente lange tijdreeksen zijn veelal beschikbaar.<sup>17</sup> Voor individuele bedrijven is dit niet het geval. De constructie van (onderdelen van de) kapitaalgoederenvoorraad op bedrijfsniveau heeft last van selectiviteitsproblemen en meetfouten en dat komt doordat:<sup>18</sup>

- (kleine) bedrijven vanwege de steekproefmethode niet alle jaren in de enquêtes voor komen
- de tijdreeksen per bedrijf in de regel kort zijn, zodat de invloed van de schatting voor de beginvoorraad relatief groot kan zijn.
- de discontinuïteit op lager aggregatieniveau groter is dan op hoger niveau bij een verdere onderverdeling van de productiefactor kapitaal naar verschillende typen kapitaalgoederen zoals ICT. Op een hoger niveau van aggregatie treedt dit minder op, omdat de uitkomsten op bedrijfstakniveau betrekking hebben op (opgehoogde) totalen voor alle bedrijven die tot een bepaalde bedrijfstak behoren. Voor het bepalen van deze totalen is het niet noodzakelijk dat de statistische waarneming in alle jaren betrekking heeft op dezelfde bedrijven.

Kortom, de tijdreeksen op bedrijfsniveau van paneldata bestaan uit relatief weinig waarnemingen, waardoor de schattingen van de (onbekende) initiële voorraad een groot gewicht kunnen krijgen. Tegenover deze problemen staat echter dat we beschikken over paneldata uit één bron. Ten eerste stelt ons dit in staat om de meetfout in de schatting van de onbekende initiële voorraad als een bedrijfsspecifiek effect op te vatten. Met behulp van schattingsmethoden voor paneldata kunnen we dus corrigeren voor eventuele vertekening in de geschatte ICT-effecten op de productiviteitsgroei (zie paragraaf 3.1 voor uitleg). Ten tweede hebben we te maken met gegevens uit één bron. Dat betekent dat de gegevens van de output en de input, waaronder de investeringsgegevens in principe een consistent geheel zouden moeten vormen.<sup>19</sup> Dit is niet onbelangrijk omdat we de relatie tussen ICT en productiviteit willen onderzoeken.

<sup>17</sup> We abstraheren hierbij van het feit dat niet voor alle bedrijfstakken doorlopende en consistente tijdreeksen beschikbaar zijn, bijvoorbeeld als gevolg van revisies van NR-cijfers.

<sup>18</sup> Wat voor een individueel bedrijf geldt is natuurlijk ook van toepassing voor een groep van bedrijven. De ontkenning van meetfouten in aggregaten is dus betrekkelijk, daar zij berust op de impliciete aanname dat meetfouten bij aggregatie altijd optellen tot 0.

<sup>19</sup> Overigens worden bedrijven met een negatieve toegevoegde waarde buiten beschouwing gelaten.

## 2.3 Uitkomsten ICT-kapitaal

Tabel 2.3 presenteert het aandeel van ICT-kapitaal in de totale kapitaalgoederenvoorraad voor een aantal bedrijfstakken gebaseerd op het balanced panel.<sup>20</sup> Aan het eind van de jaren negentig is het aandeel van ICT (uitgedrukt constante prijzen) nog steeds beperkt in omvang. Niettemin is het relatieve belang in de periode 1994-1999 meer dan verdubbeld. De verschillen tussen de bedrijfstakken sluiten goed aan bij à priori kennis. De tertiaire dienstensector blijkt gemiddeld genomen iets ICT-intensiever als de industrie. Binnen de tertiaire diensten is de groothandel het meest ICT intensief<sup>21</sup>, gevolgd door de zakelijke diensten. Bij de zakelijke diensten zijn, en dat is niet verwonderlijk, vooral de computerservice bedrijven zeer ICT-intensief.

**Tabel 2.3 Aandeel ICT-kapitaal in totaal kapitaal (in constante prijzen), 1994 en 1998<sup>a</sup>**

	1994	1998
	Aandeel in % totaal	
Industrie	1,1	2,1
Tertiaire Diensten	1,6	3,3
w.v. Groothandel	2,6	5,7
Detailhandel	0,8	1,7
Zakelijke diensten	1,6	3,4
Overig tertiaire diensten	0,9	1,0

<sup>a</sup> Berekeningen gebaseerd op balanced panel en op basis van opgehoogde totalen.

In zowel de industrie als de tertiaire dienstensector was er sprake van een forse groei van ICT-kapitaal in de onderzoeksperiode, waarbij de ontwikkeling in de dienstensector nog net wat sterker is geweest (zie tabel 2.4).

**Tabel 2.4 Groeitempo kapitaalgoederenvoorraad, 1994-1998<sup>a</sup>**

	ICT KGV	Totale KGV
	mutaties per jaar in %	
Industrie	23	4
Tertiaire diensten	25½	4½

<sup>a</sup> Berekeningen op basis van balanced panel en opgehoogde totalen.

<sup>20</sup> In Bijlage B staan de uitkomsten voor het unbalanced panel. Dit panel levert in het algemeen vergelijkbare uitkomsten op.

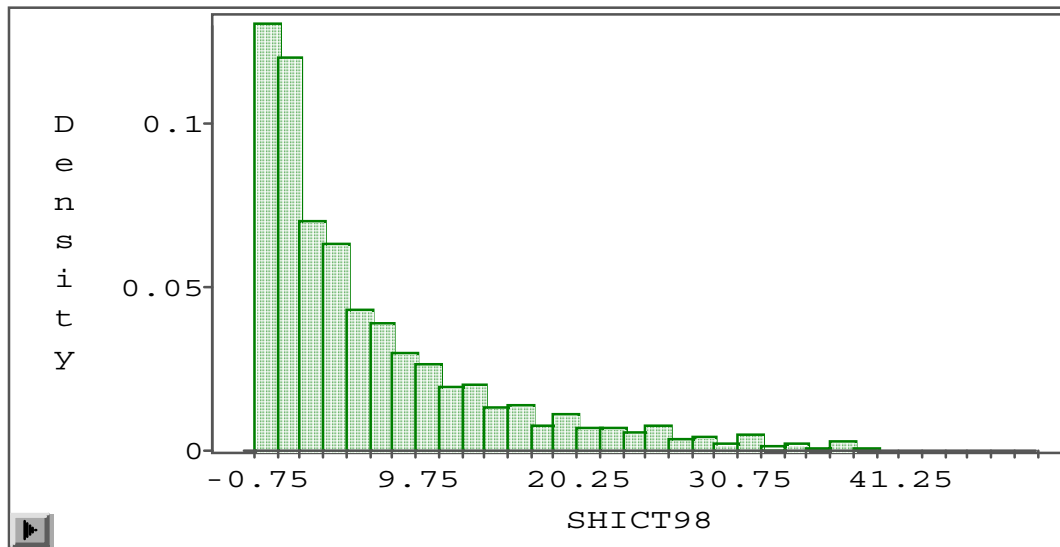
<sup>21</sup> De verschillen tussen groot- en detailhandel corresponderen met het onderzoek van Broersma e.a. (2002) over de periode 1987-1994.

De sterke toename heeft te maken met enerzijds relatieve prijzen en anderzijds de relatief nog kleine aandelen van ICT-kapitaal in de totale kapitaalgoederenvoorraad. De prijsontwikkeling van computers bleef voortdurend aanzienlijk achter bij die van andere kapitaalgoederen. De prijzen van computers daalden zelfs sterk in de jaren negentig. Hierdoor zijn bedrijven relatief meer gaan investeren in dit type kapitaalgoed. Dit werd mede aangemoedigd door de positieve geluiden uit de VS over de impact van ICT op de productiviteitsstijging. De investeringen in ICT kregen ook een zet in de rug door de opkomst van Internet (i.c. netwerkeffecten), de aanstaande Euro-conversie en niet te vergeten het mogelijke millennium probleem.

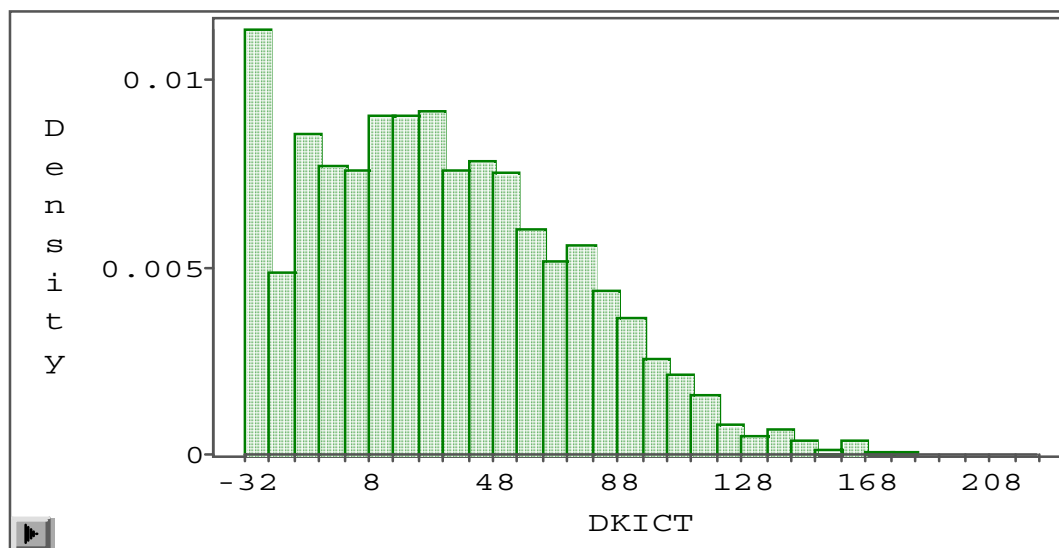
#### Belang onderscheid ICT intensieve en ICT-extensieve bedrijven

De aandelen en groeicijfers van ICT in de tabellen 2.3 en 2.4 hebben betrekking op gewogen gemiddelden. Achter deze gemiddelden gaat een grote spreiding schuil onder bedrijven binnen één bedrijfstak. Ter illustratie daarvan laten we twee figuren van de groothandel zien: ICT-kapitaal als percentage van de totale kapitaalgoederenvoorraad, en de groei van ICT-kapitaal.

**Figuur 2.1 Grote spreiding in aandelen ICT (=SHICT98) onder bedrijven: Groothandel, 1998**



**Figuur 2.2 Sterke verschillen in groeitempo ICT-kapitaal (=DKICT): Groothandel, 1994-1998**



Wat meteen opvalt aan deze plaatjes is dat er ten eerste nog veel bedrijven zijn waar ICT nog nauwelijks een plaats heeft in het productieproces. Er is zeker nog geen sprake van een normaal verdeling bij de mate van ICT-intensiteit (zie figuur 2.1). Ten tweede dat er bedrijven zijn waar de groeivoet van ICT-kapitaal enorm toeneemt, maar ook dat er een behoorlijk aantal bedrijven is waar de kapitaalgoederenvoorraad van ICT zelfs vermindert in de periode 1994-1998 (zie figuur 2.2 en kader).

Kortom, er is sprake van een grote heterogeniteit onder bedrijven in een zelfde bedrijfstak. ICT is dus niet een middel dat eind jaren negentig in dezelfde mate werd ingezet in het productieproces of waarin in dezelfde mate werd geïnvesteerd. Dit blijkt ook als we de bedrijven binnen één bedrijfstak onder verdelen in ICT-intensieve bedrijven en ICT-extensieve bedrijven. De indeling baseren we op het ICT-aandeel in de kapitaal goederenvoorraad in 1994: alle bedrijven boven (beneden) de mediaan van het ICT-aandeel zijn ICT-intensief (respectievelijk ICT-extensief).<sup>22</sup>

<sup>22</sup> De indeling is gebaseerd op de 3-digit SBI-code detaillering. Andere indicatoren zoals de verhouding ICT-kapitaal en toegevoegde waarde leveren min of meer dezelfde resultaten op. Het jaar 1994 is gekozen als 'benchmark' om enigszins tegemoet te komen aan het mogelijke causaliteitsprobleem tussen ICT en productiviteitsgroei: Bevordert ICT de productiviteitsgroei of kunnen bedrijven door een hogere productiviteitsgroei meer investeren in ICT? Opvallend is dat het in de dienstensector vooral de wat kleinere bedrijven zijn die geclassificeerd worden als ICT-intensief.

---

### Bedrijven met dalende ICT-intensiteit

Het balanced panel bestaat voor zo'n 30% uit bedrijven waarvan de kapitaalgoederenvoorraad van ICT in meer of mindere mate daalde in de periode 1994-1998.

Op voorhand is deze uitkomst niet zo verwonderlijk. Investerings vertonen op bedrijfsniveau in de regel een ongelijkmatig patroon. Bedrijven investeren niet elk jaar in dezelfde mate in productiemiddelen. In combinatie met de gehanteerde afschrijvingsvoet van 25% en de geringe onderzoeksperiode, treedt daardoor al snel een daling van de ICT-kapitaalgoederenvoorraad op bedrijfsniveau op. Anderzijds wordt de onderzoeksperiode gekenmerkt door factoren, zoals het opdoemende euro- en millenniumprobleem, die het investeringsgedrag van ondernemers positief zouden kunnen hebben beïnvloed.

Hebben bedrijven met dalende ICT-intensiteit specifieke kenmerken? Een uitvoerige analyse valt buiten de grenzen van dit onderzoek, maar bij een grove vergelijking van bedrijven met een dalende ICT-kapitaalgoederenvoorraad respectievelijk stijgende ICT-kapitaalgoederenvoorraad valt een tweetal punten op. Ten eerste bestaat de eerst genoemde groep voor een aanzienlijk deel uit ICT-intensieve bedrijven. Het zijn dus niet alleen bedrijven waarvan de beginvoorraad in 1994 gering was. Ten tweede, en nog belangrijker, de bedrijven met een dalende ICT-kapitaalgoederenvoorraad blijven in hun prestaties duidelijker achter bij hun tegenpolen. Zowel de ontwikkeling van de productie als de arbeidsproductiviteit zijn in de periode 1994-1998 voor de eerste groep minder sterk geweest dan voor bedrijven met een stijgende kapitaalgoederenvoorraad. Er lijkt dus een verband te bestaan tussen bedrijfsprestaties en de ontwikkeling van ICT-gebruik op bedrijfsniveau.

---

### Enige resultaten

Tussen de industrie en de dienstensector is een aanzienlijke mate van overeenkomst. In de onderzochte periode vond zowel in de industrie als in de tertiaire diensten (als ook daarbinnen) een geweldige inhaalbeweging plaats bij ICT-extensieve bedrijven (zie tabel 2.5). Deze bedrijven noteerden een enorme uitbreiding van hun ICT-kapitaal, veel sterker dan ICT-intensieve bedrijven.

---

**Tabel 2.5**      **Groei tempo kapitaalgoederenvoorraad, 1994-1998<sup>a</sup>**

	ICT-extensieve bedrijven		ICT intensieve bedrijven	
	ICT KGV	overig KGV	ICT KGV	overig KGV
	mutaties per jaar in %			
Industrie	49¼	4	11¼	3¼
Tertiaire Diensten	61¼	3¼	16	4½

<sup>a</sup> Berekeningen op basis van balanced panel en opgehoogde totalen.

---

De groei van ICT-kapitaal in de dienstensector is zowel bij de ICT-intensieve bedrijven als bij de ICT-extensieve bedrijven wel groter dan bij de overeenkomstige typering in de industrie. De sterkere groei van de mate van gemiddelde ICT-intensiteit in de tertiaire diensten zoals eerder geconstateerd, wordt vooral bepaald door de ICT-extensieve bedrijven in deze sector. Niettemin komen in beide sectoren de ICT-extensieve bedrijven met hun ICT-kapitaalintensiteit aan het

eind van de periode nog niet uit boven de kapitaalintensiteit van ICT-intensieve bedrijven aan het begin van de periode (zie tabel 2.6).

**Tabel 2.6 ICT-kapitaal: verschillen tussen bedrijven, 1994 en 1998<sup>a</sup>**

	ICT-intensieve bedrijven	ICT-extensieve bedrijven
	1994	1998
	%	%
Industrie	2,3	1,5
Tertiaire Diensten	3,4	2,0

<sup>a</sup> Berekeningen op basis van balanced panel en opgehoogde totalen.

Opvallend is dus dat het vooral de ICT-extensieve bedrijven zijn die hoge groeicijfers voor ICT laten zien, want bij de ICT-intensieve bedrijven groeiden het ICT-kapitaal veel minder sterk. Niettemin is het jaarlijkse groeitempo bij de laatste nog altijd een factor drie hoger dan dat van het overig kapitaal.

#### **Waarom verschilt ICT-intensiteit tussen bedrijven binnen een zelfde bedrijfstak?**

Binnen een zelfde bedrijfstak bestaat dus een grote verscheidenheid in ICT-intensiteit. Wat zit hierachter?<sup>23</sup>

De literatuur kent vele verklaringen voor een geleidelijke verspreiding van nieuwe technologieën (zie voor een overzicht o.a. Thritle, C.G. en V.W. Ruttan, 1987). De centrale gedachte is dat bedrijven verschillen in één of meer elementen van de investeringsbeslissing. Aannemende dat bedrijven investeren in ICT-projecten met een positieve netto contante waarde, dan is deze beslissing afhankelijk van:

- de (verwachte) kosten
- (verwachte) opbrengsten
- gehanteerde discontovoet

#### *Verschillende kosten ICT?*

Beginnend met de kosten, liggen verschillen in aanschafkosten van ICT niet voor de hand op een zelfde tijdstip. De prijzen van ICT-kapitaalgoederen zijn voor ieder bedrijf min of meer gelijk. De afgelopen jaren daalden de ICT-goederen echter sterk in prijs, terwijl de technische

<sup>23</sup> Afgezien van mogelijke verschillen door bedrijfsgrootte.

mogelijkheden groter werden.<sup>24</sup> Bij relatief dalende prijzen van ICT zijn meer bedrijven bereid om te investeren in dit type kapitaalgoed.

Verschillen in operationele kosten waaronder de aanpassingskosten kunnen een andere verklaring zijn. De mensen die de apparatuur moeten bedienen dienen opgeleid te worden om er mee te kunnen werken (leereffecten). Het kennisniveau van het personeel is dus een bepalende factor. Daarnaast moet een bedrijf ook haar interne bedrijfsprocessen aanpassen. Daarbij speelt ook het verleden een rol. Toepassing van een nieuwe technologie hangt immers ook af van eerdere gedane investeringen in kennis en technologie (absorptievermogen).

#### *Verschillende opbrengsten ICT?*

De opbrengsten van ICT hangen onder meer af van de marktstructuur waarop bedrijven opereren. Bij een min of meer homogene bedrijfstak zijn verschillen in verwachte opbrengsten niet waarschijnlijk. Echter, bij ICT spelen netwerkeffecten een rol. Bedrijven ondervinden voordelen van een groeiend netwerk, waardoor bedrijven alsnog besluiten om te investeren in ICT (bv. internet of EDI).

#### *Verschillende discontovoet?*

Tot slot kunnen verschillen in de discontovoet leiden tot divergenties in ICT-intensiteit onder bedrijven. In de discontovoet komt onder meer het verschil in risicogedrag van bedrijven tot uiting. Sommige bedrijven zullen, zeker bij een nieuwe technologie, de kat uit de boom kijken. Deze bedrijven zijn meer afkerig van risico's dan anderen.<sup>25</sup>

<sup>24</sup> Feitelijk is niet de aanschafprijs van een ICT-goed de doorslaggevende variabele in de investeringsbeslissing maar de kapitaalkosten (user cost of capital).

<sup>25</sup> Ander risicomijdend gedrag van bedrijven of de managers daarvan kan bestaan door bewust intern inefficiënt opereren. Deze bedrijven hebben enige marktmacht en zijn actief op niet perfecte markten. Deze bedrijven hebben er geen direct belang bij om een productieproces te verbeteren.



### 3 ICT-kapitaal en arbeidsproductiviteit

#### 3.1 Modellspecificatie en schattingstechniek

Om de relatie tussen ICT-kapitaalverdieping en productiviteitsgroei te bepalen gebruiken we de Cobb-Douglas productiefunctie als vertrekpunt. Voor de productie gedefinieerd in termen van toegevoegde waarde geeft dit de volgende vergelijking voor bedrijf  $i$  in jaar  $t$ :

$$Y_{it} = A_{it} K_{ICT,it}^{\alpha_{ICT}} K_{O,it}^{\alpha_O} L_{it}^{\beta} \quad (3)$$

In (3) is  $Y$  het volume van de netto productie (het volume van de toegevoegde waarde) en representeren  $K_{ICT}$ ,  $K_O$ ,  $L$ , en  $A$  respectievelijk de inputs ICT-kapitaal, overig fysiek kapitaal, arbeid en niet-belichaamde technologische vooruitgang. De factor  $A_{it}$  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 (3) te herschrijven tot de volgende vergelijking voor de arbeidsproductiviteit met behulp waarvan de bijdragen van kapitaalverdieping en de totale factorproductiviteit aan de arbeidsproductiviteit kan worden gekwantificeerd:<sup>26</sup>

$$(\mathbf{y} - \mathbf{l})_{it} = \alpha_{ICT}(\mathbf{k}_{ICT,it} - \mathbf{l}_{it}) + \alpha_O(\mathbf{k}_{O,it} - \mathbf{l}_{it}) + \gamma \mathbf{l}_{it} + \mathbf{TFP}_{it} \quad (4)$$

met  $\mathbf{TFP}_{it} = \mathbf{a}_{it}$ , de logaritme van het TFP niveau voor bedrijf  $i$  in jaar  $t$ .

Het voordeel van (4) is dat de coëfficiënt van arbeid direct weergeeft of er sprake is van toe- of afnemende schaalopbrengsten ( $\gamma = \alpha_{ICT} + \alpha_O + \beta - 1$ ). Als  $\gamma > 0$  dan is er sprake van toenemende schaalopbrengsten. Omdat we beschikken over paneldata kunnen we rekening houden met de mogelijkheid dat de verschillen in TFP niveaus tussen bedrijven zowel bedrijfspecifieke ( $= \eta$ ) als een tijdsspecifieke componenten ( $= \epsilon$ ) bevatten:

$$\mathbf{TFP}_{it} = \eta_i + \epsilon_t + \mu_{it} \quad (5)$$

Voorbeelden van bedrijfspecifieke factoren zijn ICT-intensiteiten in het beginjaar of de innovatiekenmerken van een bedrijf. Een voorbeeld van een meer tijdsspecifieke component is

<sup>26</sup> Overigens levert een specificatie waarbij productie i.p.v. arbeidsproductiviteit de te verklaren variabele is dezelfde schattingsresultaten van elasticiteiten op.

het effect van autonome technologische vooruitgang.<sup>27</sup> Verder is  $\mu_{it}$  een storingsterm die de bijdrage van andere (niet waargenomen) variabelen aan de arbeidsproductiviteit representeert.<sup>28</sup>

---

### **SYS-GMM: het simultaan schatten van niveau- en groeivergelijkingen**

Het model veronderstelt dat verschillen in productiviteit samenhangen met niet waargenomen bedrijfsspecifieke effecten. Als deze effecten gecorreleerd zijn met andere verklarende variabelen dan leidt dit tot vertekende schattingsresultaten. Door het berekenen van groeivoeten wordt er gecorrigeerd voor deze vertekening. Dit heeft echter weer tot gevolg dat een groot deel van de cross-sectionele variatie in de data verloren gaat, hetgeen het moeilijker maakt om nauwkeurige schattingen te verkrijgen.

Groei van de arbeidsproductiviteit kunnen we op twee manieren definiëren. We kunnen voor elk bedrijf de jaar-op-jaar groei gebruiken (de zogenaamde 'first-difference' (FD) methode) of – afhankelijk van de beschikbare data – de gemiddelde groei over een bepaalde periode (de zogenaamde 'long-difference' (LD) methode). Het is evident dat bij de FD-variant meer bedrijven in de schattingsprocedure kunnen worden meegenomen dan bij de LD-variant. Het nadeel van de eerste variant is echter dat deze uitermate gevoelig is voor meetfouten in de data. Groeivoeten over een langere periode hebben echter last van exogeniteitsproblemen.

Zowel de meetfouten en simultaneiteitsproblemen kunnen worden aangepakt door gebruik te maken van de GMM-methode (zie o.a. Mairesse en Hall, 1996). De General Method of Moments (GMM)-schattingen zijn gebaseerd op jaar-op-jaar groeicijfers. Het belangrijkste verschil tussen GMM en de standaard instrumentele-variabele (IV) methode is dat het aantal beschikbare instrumenten in de tijd toeneemt. De standaard aanpak is om niveauvariabelen als instrument te gebruiken. Meestal geeft dit problemen omdat niveauvariabelen een persistente component bevatten. Om die reden zijn niveauvariabelen geen goede predictoren voor groeicijfers. Door Arellano en Bover (1995) en Blundell en Bond (1998) is recentelijk een oplossing voor dit probleem van 'weak instruments' voorgesteld. Deze oplossing, de zgn SYS-GMM, komt erop neer dat simultaan groei- en niveauvergelijkingen in de schattingsprocedure worden meegenomen. Daarbij worden de groeivergelijkingen 'geïnstrumenteerd' met niveauvariabelen en de niveauvergelijkingen met groeicijfers.

---

Als we vergelijking (4) in combinatie met (5) schatten krijgen we een indruk van de hoogte van de productie-elasticiteit voor ICT-kapitaal ( $\alpha_{ICT}$ ). We gebruiken daarbij de SYS-GMM schattingstechniek (zie kader). Deze techniek heeft als voordeel dat ze zowel rekening houdt met meetfouten, simultaneïteit als met initiële condities (verschillen in outputgroei welke samenhangen met niet-waargenomen initiële bedrijfskenmerken).

<sup>27</sup> Indien het model wordt geschat voor de tertiaire diensten als geheel en de gehele industrie onderscheiden we ook sectorspecifieke verschillen in TFP niveaus en sectorspecifieke trends in TFP groei (technologische vooruitgang). De tertiaire diensten valt daarbij uiteen in vijf sectoren: groothandel, detailhandel, autohandel (inclusief reparatie), zakelijke diensten en overige tertiaire diensten. De industrie wordt opgedeeld in de volgende vijf groepen: voeding- en genotmiddelenindustrie, aardolie, chemie, rubber en kunststof, ICT-industrie, metaalnijverheid exclusief ICT-industrie en overige industrie.

<sup>28</sup> In de schattingsmethode nemen we aan dat de storingen van het model als gevolg van mogelijke meetfouten in de verklarende variabelen in de tijd gecorreleerd zijn.

Het te schatten basismodel ziet er in de meest uitgebreide vorm als volgt uit:

$$(y-l)_{it} = \alpha_{ICT}(k_{ICT,it} - l_{it}) + \zeta_{ICT} * D(k_{ICT,it} - l_{it}) + \alpha_o(k_{o,it} - l_{it}) + \gamma l_{it} + D + \theta_i + \epsilon_t + \nu_{it} \quad (6)$$

met  $D=1$  als een bedrijf ICT-intensief is en  $\theta$  representeert het effect van overige niet bekende bedrijfs- en sectorspecifieke effecten.

Alhoewel we ons concentreren op het effect van kapitaalverdieping op de productiviteit, houden we in het basismodel echter wel rekening met de mogelijkheid van een ICT effect op de TFP(-groei) daar TFP een onlosmakelijk onderdeel van arbeidsproductiviteit is. Door het meenemen van een dummy houden we rekening met de grote verschillen in (de ontwikkeling van) de ICT-kapitaalgoederenvoorraad tussen ICT-intensieve en ICT-extensieve bedrijven, zoals we zagen in paragraaf 2.3.

### 3.2 Aanzienlijk ICT-effect

Tabel 3.1 geeft de schattingsresultaten voor de industrie en de tertiaire dienstverlening. De belangrijkste conclusie is: ICT-kapitaal, ofwel het ‘capital-deepening’ effect van ICT, bevordert productiviteitsgroei in beide segmenten van de Nederlandse economie.

De resultaten van de regressie-analyses op bedrijfsgegevens indiceren dat de elasticiteiten van ICT-kapitaal significant van nul verschillen. De puntschattingen voor de bedrijven die relatief ICT-extensief waren in 1994 liggen in de orde van grootte van 0.03 voor de industrie en 0.08 voor de tertiaire diensten als geheel.

Voor de bedrijven die aan het begin van de onderzochte periode relatief ICT-intensief waren is de productie-elasticiteit echter aanzienlijk hoger. Voor de industrie ligt de gevonden elasticiteit op 0,05 en voor de tertiaire diensten op 0,18.<sup>29</sup> Dat de ICT-elasticiteit van de ICT-intensieve bedrijven hoger is dan van niet ICT-bedrijven is niet geheel verwonderlijk. De ICT-intensiteit is namelijk hoger en de elasticiteit is het product van de marginale productiviteit en ICT-intensiteit (zie verder paragraaf 3.4).

Duidelijk is dat met name in de diensten ICT een zeer belangrijke factor is. Niet alleen zijn de productie-elasticiteiten hoger dan in de industrie, maar ook wijzen de resultaten op een significant ICT-effect op de TFP groei. Bedrijven die relatief ICT-intensief waren in 1994 hadden een hoger TFP-niveau in het laatste jaar dan de minder ICT-intensieve bedrijven.

<sup>29</sup> De elasticiteiten voor de ICT-intensieve bedrijven zijn de som van de elasticiteiten van ICT-kapitaal en de interactieterm.

Bovendien is er in de diensten gemiddeld gesproken voor alle bedrijven sprake van een positieve bijdrage van de initiële ICT-intensiteit aan de TFP-groei. Voor de industrie vinden we wel een bijdrage van kapitaalverdieping in ICT maar het effect van ICT op de TFP (groei) is niet significant.

**Tabel 3.1 Schattingen arbeidsproductiviteitsvergelijkingen met ICT-kapitaal, periode 1994 - 1998**

	Coëfficiënt	T-waarde
<b>Industrie</b>		
N*T (2558*5)	12790	
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0.070	1.5
ICT-kapitaal	0.030	2.8
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0.020	0.9
Overig kapitaal	0.184	4.7
Dummy effect ICT-intensief op TFP-niveau	0.004	0.2
Dummy effect ICT-intensief op TFP-groei	0.006	1.0
<b>Tertiaire diensten</b>		
N*T (7828*5)	39140	
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0.196	6.5
ICT-kapitaal	0.078	8.0
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0.105	5.7
Overig kapitaal	0.254	5.8
Dummy effect ICT-intensief op TFP-niveau	0.181	4.4
Dummy effect ICT-intensief op TFP-groei	0.017	4.2

Bedrijven met KGV data voor de periode 1994- 1998; In de SYS-GMM schattingsprocedure zijn de groeivergelijking voor de periode 1994- 1998 en de niveauvergelijking voor het laatste jaar (1998) simultaan geschat. Verder is rekening gehouden met sectorspecifieke verschillen in TFP-groei, heteroskedasticiteit in de storingsvariantie en tweede-orde autocorrelatie in de storingen van het model ter controle van autocorrelatie in meetfouten .

Een mogelijke verklaring voor de verschillen tussen de industrie en de diensten is dat TFP (groei) in de industrie meer gerelateerd is aan product vernieuwing of -verbetering onafhankelijk van de aanwezigheid van ICT-kapitaal. ICT-investeringen en het innovatieproces staan dan los van elkaar. Bij diensten daarentegen is er wel interactie, waarbij ICT helpt bij het tot stand brengen van procesinnovaties in een bedrijf.<sup>30</sup>

Een ander opmerkelijk resultaat is dat er in de diensten sprake is van toenemende schaalopbrengsten, dit in tegenstelling tot de industrie waarvoor de resultaten wijzen op een situatie van 'constant returns to scale'.

<sup>30</sup> Zoals opgemerkt, in een volgend memorandum onderzoeken we de complementariteit tussen ICT en innovaties uitgebreider. Anderzijds beschouwt dit document ICT-investeringen als 1 homogeen product. In werkelijkheid verschillen ICT-investeringen, ook tussen bedrijfstakken.

### Uitkomsten binnen tertiaire diensten

In de jaren negentig viel de productiviteitsprestaties van sommige Nederlandse dienstverlenende bedrijfstakken tegen. Het is daarom interessant om te kijken of er verschillen zijn in ICT-effect binnen de tertiaire diensten. Het basismodel is daarom ook geschat voor onderdelen van de tertiaire diensten (zie tabel 3.2).<sup>31</sup> In bijlage C staan de volledige resultaten vermeld.

**Tabel 3.2 ICT-elasticiteit: uitkomsten basismodel binnen tertiaire diensten, periode 1994-1998**

	Coëfficiënt	T-waarde
<b>Groothandel</b> (N=2368, T=5)		
ICT-kapitaal	0,041	4,1
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,070	3,5
<b>Detailhandel</b> (N=2118, T=5)		
ICT-kapitaal	0,015	1,2
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,112	5,5
<b>Zakelijke diensten</b> (N=2146, T=5)		
ICT-kapitaal	0,143	6,5
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,160	4,5
<b>Autohandel en reparatie</b> (N=862, T=5)		
ICT-kapitaal	0,056	3,1
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	-0,077	-3,6
<b>Overige diensten</b> (N=334, T=5)		
ICT-kapitaal	0,082	2,1
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	-0,098	-3,3

De resultaten geven aan dat voor elk van de grootste deelsegmenten van de tertiaire diensten (i.c. groothandel, detailhandel en zakelijke diensten) zeer sterke ICT-effecten op de arbeidsproductiviteitsgroei wordt gevonden, waarbij met name het resultaat voor de zakelijke diensten opvalt. Opvallend is dat in twee gevallen - autohandel en overige tertiaire diensten - de interactieterm significant negatief is. In deze beide bedrijfstakken hebben ICT-intensieve bedrijven dus een lagere ICT-elasticiteit dan ICT-extensieve bedrijven.

### 3.3 Gevoeligheid uitkomsten

Hoe gevoelig de uitkomsten zijn voor de veronderstellingen zoals we die hebben vastgelegd in paragraaf 2 laat deze subparagraaf zien. Tabel 3.3 geeft de resultaten van enkele gevoeligheidsanalyses weer. In het algemeen zijn de uitkomsten weinig verschillend van de

<sup>31</sup> Hierbij zijn de sectorspecifieke effecten in het basismodel weggelaten.

uitkomst van het basismodel uitgezonderd de eerste variant waarbij het basismodel geschat is zonder dummy effecten van ICT op TFP.

**Tabel 3.3 ICT-elasticiteit: Varianten op basismodel tertiaire diensten, periode 1994 - 1998**

	Coëfficiënt	T-waarde
<b>Uitkomsten basismodel</b>		
ICT-kapitaal	0,078	8,0
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,105	5,7
<b>Model zonder ICT-effecten op TFP</b>		
ICT-kapitaal	0,026	3,4
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,124	7,6
<b>Basismodel met controle voor imputaties initiële ICT investeringen</b>		
ICT-kapitaal	0,077	7,6
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,128	7,9
<b>Basismodel met alternatieve ICT deflator</b>		
ICT-kapitaal	0,073	8,1
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,134	8,7
<b>Basismodel met alternatieve groei pre-sample ICT</b>		
ICT-kapitaal	0,077	8,1
Interactieterm ICT-kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,116	7,3

#### *Model zonder ICT-effecten op TFP*

In het basismodel houden we rekening met mogelijke effecten van ICT op TFP door het meenemen van dummy effecten van de initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau en TFP-groei. Als we daarvan afzien is de ICT-elasticiteit van ICT-extensieve bedrijven een stuk lager (i.c. 0,026 versus 0,078). Dit resultaat is een voorbeeld van de vertekening die in de schatting van productie-elasticiteiten kan optreden als bedrijfsspecifieke effecten gecorreleerd zijn met de kapitaalvariabelen (i.c. simultaneiteitsprobleem). De ICT-intensiteit in het beginjaar is op te vatten als een bedrijfsspecifiek effect dat (per definitie) gecorreleerd is met de voorraad ICT-kapitaal. Behalve via 'capital-deepening' kan ICT ook meer direct bijdragen aan TFP. Als we dit laatste effect niet expliciet in het model opnemen, komt het in de storingsterm terecht en is de kans op een vertekende schatting voor de elasticiteit voor ICT-kapitaal niet denkbeeldig.

#### *Ander prijsverloop ICT-investeringen nauwelijks invloed*

ICT-producten kennen een korte levenscyclus met telkens nieuwe producten en veel veranderingen in de kwaliteit. Hierdoor is een scheiding in volume- en prijstermen van de waarde van een ICT-product statistisch niet eenvoudig. Reguliere waarnemingen van statistische bureaus lijken de prijsontwikkeling van ICT-goederen te overschatten. Sommige statistische

bureaus gebruiken 'nieuwe' technieken om dit probleem op te lossen, bijvoorbeeld door toepassing van de hedonische prijsmethode.<sup>32</sup> Gebaseerd op deze hedonische methode dalen de prijzen van ICT veel meer dan de traditionele methode.

Voor de ICT-goederen is daarom in de centrale variant een alternatieve prijsindexcijfer gebruikt. Gebaseerd op het idee van Schreyer (2001) is het verschil tussen de prijsontwikkeling van de ICT-goederen en overige investeringsgoederen in de VS gezet op het Nederlandse cijfermateriaal.

In de gevoeligheidsvariant gebruiken we een prijsindexcijfer die veel minder sterk daalde in de jaren negentig. De ICT-elasticiteit voor de ICT-extensieve bedrijven wijkt in deze variant nauwelijks af van de basisvariant. Bedrijven die ICT-intensief zijn hebben wel een iets hogere ICT-elasticiteit. Deze hogere elasticiteit ligt wel voor de hand, omdat de groei van de ICT-kapitaalintensiteit in de variant kleiner is. Aangezien de ontwikkeling van de output niet wijzigt in de variant, moet de ICT-elasticiteit wel hoger uitkomen.

#### *Imputatie ICT-investeringen voor sommige bedrijven*

Voor circa 2500 bedrijven in de tertiaire dienstensector zijn gegevens over de computerinvesteringen in het beginjaar geïmputeerd vanwege ontbreken van informatie hierover. De betreffende bedrijven zijn niet uit de data verwijderd. In de variant krijgen deze bedrijven een dummy variabele mee om de robuustheid van parameterschattingen te toetsen. Het effect op de ICT-elasticiteit is verwaarloosbaar.

#### *Alternatieve pre-sample groei ICT-investeringen*

De invloed van de veronderstelde groeivoet van ICT-investeringen voorafgaand aan de onderzoeksperiode blijkt eveneens niet groot. In de gevoeligheidsanalyse hebben we de zgn. pre-sample groeivoet van ICT-investeringen met de helft verlaagd. De elasticiteit van ICT-kapitaal wijkt nauwelijks af van de basisvariant.

<sup>32</sup> Gebruikmakend van regressie-analyse berekent deze methode op basis van een verzameling productkarakteristieken per karakteristiek een prijselasticiteit. Als een karakteristiek, bijvoorbeeld de geheugencapaciteit van een pc, verandert kan het effect op de totale prijs worden bepaald.

## 3.4 Interpretatie van uitkomsten

### 3.4.1 Vergelijking met andere studies op individuele bedrijfsgegevens

Zoals reeds in de inleiding is opgemerkt is het aantal voorbeelden van vergelijkbare studies op micro data nog betrekkelijk gering. Een uitgebreide vergelijking is dus niet goed mogelijk. Bovendien zijn er natuurlijk verschillen in de dekking van de data, modelaanpak en schattingsmethoden die de resultaten van verschillende studies niet altijd direct vergelijkbaar maken. We zullen er twee ‘de revue laten passeren’.

Een buitenlandse studie waarbij kan worden aangesloten is die van Brynjolffson en Hitt (1995). Zonder expliciet rekening te houden met ICT-effecten op de TFP (groei) en initiële condities vonden zij – op data voor de VS – een schatting voor ICT-kapitaal in de orde van grootte van 0,08 voor de industrie en 0,10 voor de diensten. Het resultaat voor de diensten wijkt dus niet heel veel af van onze schattingen voor de tertiaire diensten.

---

#### Vergelijking met eerdere CPB-studie

In Van der Wiel (2001) zijn de effecten van ICT-kapitaal op de Nederlandse productiviteitsgroei berekend op bedrijfstak- en macroniveau. Hij gebruikte daarvoor de growth-accounting methode. De bijdrage van ICT-kapitaal aan de toename van de productie wordt in die methode bepaald door het kostenaandeel van ICT te vermenigvuldigen met de groei van ICT-kapitaal. Hoe verhouden die uitkomsten zich met die in dit onderzoek? Van der Wiel (2001) vond een bijdrage van ICT-kapitaal aan de productiviteitsgroei van ongeveer een ½%-punt voor de periode 1996-2000. Dit onderzoek vindt een veel sterkere bijdrage van ICT-kapitaal. De bijdrage voor de industrie en tertiaire diensten tezamen ligt in de orde van grootte van 1,5 à 2%-punt. Voor de verschillen in uitkomsten is een aantal oorzaken op te noemen, die uitvoeriger aan bod komen in *Levert ICT-spill overs?* van Van Leeuwen en Van der Wiel (2003, nog te verschijnen). We noemen de belangrijkste:

- In de macrostudie (zie Van der Wiel, 2001) zijn de bijdragen van ICT-kapitaal berekend volgens de methode van ‘growth-accounting’. In tegenstelling met deze microstudie wordt er in de ‘growth-accounting’ methode geen rekening gehouden met de bijdrage van ICT aan de TFP, maar is TFP een residu.
- In het algemeen zijn de elasticiteiten van ICT-kapitaal in micro-econometrische studies belangrijk hoger dan het aandeel van ICT-kapitaal in de toegevoegde waarde (de gewichten in de ‘growth-accounting’ methode). Het gewicht van ICT-kapitaal in de ‘growth-accounting’ methode wordt berekend met behulp van de gebruikskosten. De kostenaandelen (de weging van ICT-kapitaal) komen lager uit dan de elasticiteiten als er sprake is van ‘ongeprijsde’ inputs. Een hogere elasticiteit van ICT-kapitaal is dus een sterke aanwijzing voor een te hoge TFP-groei in de growth-accounting methode.
- Dit onderzoek hanteert een andere prijsdeflator, waardoor een sterkere groeivoet resulteert voor ICT-kapitaal.
- De ‘growth-accounting’ methode veronderstelt constante schaalopbrengsten. In deze studie is aangetoond dat deze veronderstelling niet opgaat. In de tertiaire diensten resulteert mede daardoor een hogere elasticiteit.

---

Een groter verschil vinden we bij de studie van Broersma e.a. (2002) voor de Nederlandse groot- en detailhandel over de periode 1988-1994. Hun meest vergelijkbare specificatie geeft een ICT-elasticiteit in de orde van grootte van 0,015, dus fors lager dan in ons onderzoek. Dit kan



samenhangen met het gegeven dat zij uitsluitend gebruik maken van de ‘time-series’ dimensie in de data (zgn. within effect: verschillen in de tijd voor bedrijf i) en niet de verschillen tussen bedrijven op een bepaald moment (i.c. between effect).<sup>33</sup>

### 3.4.2 Het rendement van ICT investeringen

Een opmerkelijk resultaat is dat de bijdrage van ICT ‘capital deepening’ aan de arbeidsproductiviteitsgroei toeneemt als we rekening houden met de relatieve ICT-intensiteit in het beginjaar. Verder wijst tabel 3.3 uit dat dit patroon niet wezenlijk verandert als we de veronderstellingen achter de ramingen voor de startwaarden van ICT-kapitaal aan een gevoeligheidsanalyse onderwerpen. Paragraaf 2.3 laat echter zien dat we juist de sterkste groei van ICT-kapitaal vinden bij de ICT-extensieve bedrijven.<sup>34</sup> Wat betekent het een en ander?

Het is niet zonder meer aan te nemen dat de relatief ICT intensieve bedrijven ook een hoger rendement van ICT-investeringen kennen. Het rendement van ICT-investeringen wordt gewoonlijk gerelateerd aan het marginale product van ICT-kapitaal, gegeven door de formule:

$$MP_E = \hat{\alpha}_{ict} \frac{\bar{Y}_E}{\bar{u}_{ict} \bar{K}_E} \quad (7a)$$

voor de bedrijven die ICT-extensief waren in het beginjaar, en

$$MP_I = (\hat{\alpha}_{ict} + \hat{\zeta}_{ict}) \frac{\bar{Y}_I}{\bar{u}_{ict} \bar{K}_I} \quad (7b)$$

voor de ICT-intensieve bedrijven.

In (7a) en (7b) is  $\bar{Y}$  de gemiddelde nominale toegevoegde waarde en  $\bar{K}$  de gemiddelde kapitaalgoederenvoorraad over de periode 1994-1998. De kapitaalkosten zijn als volgt bepaald:

$$\bar{u}_{ict} = (\bar{r} + \bar{d}_{ict} - \bar{\Delta P}_{ict}) \quad (8)$$

waarbij  $\bar{r}$  de gemiddelde lange rente is,  $\bar{d}$  afschrijvingen en  $\bar{\Delta P}$  de kapitaalwinsten (gebaseerd op de prijsontwikkeling van ICT-investeringen).

<sup>33</sup> Zie het kader met de uitleg over de gebruikte schattingsmethode in dit onderzoek. Het niet rekening houden met de cross-sectionele verschillen in niveau's leidt tot lagere geschatte elasticiteiten.

<sup>34</sup> Voor een deel kan dit worden verklaard uit het verschijnsel van ‘regression to the mean’: als je weinig ICT-kapitaal hebt is de kans om te groeien groot. Er zijn echter tal van grote bedrijven die in de onderzochte periode ook fors in ICT hebben geïnvesteerd.

Tabel 3.4 geeft de uitkomsten van de berekeningen van het marginale product weer. De tabel laat duidelijk zien dat hoewel ICT-intensieve dienstverlenende bedrijven een hogere ICT-elasticiteit hebben, het rendement (c.q. marginale product) toch lager is dan bij ICT-extensieve bedrijven.

**Tabel 3.4 Rendementen en gebruikskosten**

	marginaal product		Ratio ICT/overig kapitaal	
	ICT	Overig kapitaal	marginaal product	gebruikskosten
Industrie	5,7	1,4	4,1	3,75
Tertiair diensten	12,4	1,5	8,2	3,75
w.v ICT-intensief	10,7	1,8	5,9	3,75
ICT-extensief	16,6	1,2	13,8	3,75

Dit ondersteunt de gevonden sterkere groei van ICT-kapitaal bij de laatste groep: hun investering levert per euro meer op. Dit duidt er ook op dat bedrijven die aanvankelijk niet sterk geïnvesteerd hebben in dit type kapitaalgoed door veranderingen in de (beoordeling van de) netto contante waarde alsnog zijn gaan investeren.<sup>35</sup>

De tabel laat ook duidelijk zien dat de ICT-rendementen zowel in de industrie als in de dienstensector hoger liggen dan die op overig kapitaal. Bij de diensten ligt het relatieve rendement zelfs een factor twee hoger dan de relatieve gebruikskosten.

Bij de uitkomsten passen wel twee belangrijke kanttekeningen. Ten eerste is in het model nog niet expliciet rekening gehouden met de invloed van innovaties en marktstructuur op de bedrijfsprestaties. Hierdoor kunnen de gevonden elasticiteiten vertekend zijn. Ten tweede houden we in de rendementsberekeningen geen rekening met aanpassingskosten (o.a. opleidingskosten) en kosten van niet geslaagde investeringsprojecten. Als de kosten van ICT-kapitaal op dit vlak hoger zijn dan van het overig kapitaal, zijn de rendement van ICT-kapitaal relatief opwaarts vertekend.

<sup>35</sup> Welke factoren (zie paragraaf 2.3) daaraan ten grondslag liggen kunnen we niet achterhalen door ontbreken van de gegevens hierover.

## 4 Conclusies

Dit document beschrijft allereerst hoe gegevens over ICT-kapitaal worden geconstrueerd gebruikmakend van individuele Nederlandse bedrijfsgegevens uit de jaren negentig. Aangezien directe metingen van kapitaalvariabelen grotendeels ontbreken op bedrijfsniveau construeert dit document deze gegevens met de bekende Perpetual Inventory Method en investeringsgegevens. De indruk bestaat dat deze aanpak niet heeft geleid tot de à priori verwachte selectiviteitsproblemen en meetfouten als gevolg van de steekproefmethode en het gebrek aan lange tijdreeksen voor een groot aantal (veelal kleine) bedrijven. Mogelijk zijn deze potentiële problemen ondervangen doordat de investeringsgegevens uit dezelfde bron afkomstig zijn als de andere input en output variabelen en we gebruik maakten van paneldata.

Ons onderzoek laat zien dat ICT in bedrijven gemiddeld nog geen grote vormen heeft aangenomen. Wel nam in de periode 1994-1998 in alle onderzochte bedrijfstakken de ICT kapitaalgoederenvoorraad sterk toe. Bedrijven in de groothandel zijn relatief het meest ICT-intensief. Verder is er sprake van een enorme heterogeniteit onder bedrijven in een zelfde bedrijfstak. Het zijn vooral de ICT-extensieve bedrijven die hun ICT-kapitaalgoederenvoorraad sterk hebben vergroot. Er is daar sprake van een geweldige inhaalslag. Niettemin zijn deze bedrijven aan het eind van de onderzoeksperiode nog niet beland op het ICT-niveau van ICT-intensieve bedrijven aan het begin van de onderzoeksperiode.

Vervolgens berekent het document met paneldata hoe groot de effecten van ICT-kapitaalverdieping zijn op de ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit in de industrie en de dienstensector in Nederland. Bovendien is gekeken of er daarbij verschillen zijn tussen de industrie en de dienstensector, en binnen de dienstensector.

De belangrijkste conclusie uit de SYS-GMM schattingen met een productiefunctie is dat ICT-kapitaal op bedrijfsniveau de arbeidsproductiviteitsgroei in Nederland heeft bevorderd. De resultaten van de regressie-analyses op bedrijfsgegevens indiceren dat de elasticiteiten van ICT-kapitaal voor de schattingsmethode significant van nul verschillen. De puntschattingen liggen in de orde van grootte van 0.03 of hoger. Voor de tertiaire diensten vinden we gemiddeld genomen een hogere ICT-elasticiteit en rendement dan in de industrie. Binnen de tertiaire diensten geeft het schattingsmodel vooral hoge ICT-elasticiteiten voor de zakelijke diensten en de groothandel.

Hoewel ICT-intensieve dienstverlenende bedrijven een hogere ICT-elasticiteit hebben, is het rendement (c.q. marginale product) lager dan bij ICT-extensieve bedrijven. Dit ondersteunt de gevonden sterkere groei van ICT-kapitaal bij de laatste groep: hun investering levert per euro meer op. Dit duidt er ook op dat bedrijven die aanvankelijk niet sterk geïnvesteerd hebben in dit type kapitaalgoed door veranderingen in de (beoordeling van de) netto contante waarde alsnog zijn gaan investeren.

De ICT-rendementen liggen zowel in de industrie als in de dienstensector hoger dan die op overig kapitaal. Hierbij dient wel te worden aangetekend dat in de rendementsberekeningen bijvoorbeeld geen rekening is gehouden met aanpassingskosten die nodig zijn om investeringsgoederen te incorporeren in het productieproces.

Opvallend is dat de gevonden elasticiteiten van ICT-kapitaal niet veel afwijken van de uitkomsten die door Brynjolfsson en Hitt (1995) werden gevonden op vergelijkbare gegevens voor de VS.

Verder onderzoek is zinvol in een aantal richtingen. Dit document heeft uitgaande van de neoklassieke gedachte zich vooral geconcentreerd op de directe effecten van ICT via kapitaalverdieping op de ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit. Het is niet uitvoerig ingegaan op het mogelijke verband tussen een hogere TFP-groei – een groei van de productie bij gelijkblijvende inputs – en ICT. Een hogere TFP-groei door ICT heeft te maken met technologische vooruitgang in de ICT-producerende bedrijfstakken, innovaties in gebruikende sectoren, spill-over effecten en netwerkeffecten. Dat er mogelijk een verband is tussen ICT en TFP bleek als we rekening hielden met de verschillen tussen ICT-intensieve en ICT-extensieve bedrijven. Mede daardoor staat deze mogelijke relatie centraal in twee andere rapporten van de CPB-projectgroep ICA die binnenkort zullen verschijnen.

Een andere richting waar nader onderzoek zinvol is, is of er schaafeffecten bestaan in bepaalde delen van de Nederlandse dienstverlening. Kox (2002) en Van der Wiel (1999) wijzen er op dat kleinschaligheid een factor zou kunnen vormen achter de matige productiviteitsprestaties van de zakelijke dienstverlening. Dit document laat zien dat er mogelijk sprake is van positieve schaafeffecten.

## Literatuur

- Arellano, M. en Bover, O., 1995, Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models, *Journal of Econometrics*, 68, pp 29-51.
- Ark, B. van, Inklaar, R. en McGuckin, R. H., 2002, *Changing Gear - Productivity, ICT and Service Industries: Europe and the United States*, Paper presented at the ZEW Conference 2002 on the Economics of Information and Communication Technologies, June 24-25, Mannheim.
- Bartelsman, E.J., en M. Doms, 2000, Understanding productivity; Lessons from longitudinal microdata, *Journal of Econometric Literature*, 38(3), pp. 569-595.
- Blundell, R. en Bond, S., 1998, GMM Estimation with Persistent Panel Data: an Application to Production Functions, *Working Paper Series No. W99/4*, Institute for Fiscal Studies.
- Broersma, L., R.H. McGuckin en M.P. Timmer, 2002, The impact of computers on productivity in the trade sector: Explorations with microdata.
- Broersma, L. en E. Brouwer, 2000, *Innovation in Services: Explorations of Micro Data of Retail Trade and Technical Engineering in The Netherlands*. paper voor SIID-project t.b.v. voor Ministerie van Economische Zaken.
- Brynjolfsson, E. en L. Hitt, 1996, Paradox lost: Firm-level Evidence on the Returns to Information System Spending, *Management Science*, 42 (4), pp. 541-558.
- Hall, B. H. en J. Mairesse, 1995, Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms, *Journal of Econometrics*, vol. 65(1), pp. 263-293.
- Jorgenson, Dale.W. en K. J. Stiroh, 2000, Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age, *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 125-211.
- Kox, H., 2002, *Growth challenges for the Dutch business services industry; international comparison and policy issues*, Special study No. 40, CPB, The Hague.
- Lehr, B. en F. Lichtenberg, 1999, Information Technology and Its Impact on Firm-Level Productivity: Evidence from Government and Private Data Sources, 1977-1993. *Canadian Journal of Economics*, Vol. 32. No. 2. April, pp. 335-362.

Schreyer, P., 2002, Computer prices and international growth and productivity comparisons, *Review of Income and Wealth*, vol. 48, no 1, pp.15-31, March 2002.

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

Thritle, C.G. en V.W. Ruttan, 1987, *The role of demand and supply in the generation and diffusion of technical change*.

Triplett, J.E., 2001, *Did the US have a New Economy?*, Paper t.b.v. 9th conference on National Accounting of the Association de Comptabilite, Paris.

Wiel, H.P. van der, 1999, *Firm turnover in Dutch business services; The effect on labour productivity*, CPB Research Memorandum No 159, CPB, Den Haag.

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

## Bijlage A Datamateriaal

### Samenstelling sectoren

Voor dit onderzoek staan ons Nederlandse bedrijfsgegevens over de periode 1993-1999 ter beschikking. Aangezien we een indruk willen krijgen in welke mate ICT de arbeidsproductiviteit op bedrijfsniveau beïnvloedt, kijken we naar twee belangrijke sectoren in Nederlandse economie te weten industrie en tertiaire diensten. Deze sectoren vormen samen iets minder dan de helft van de Nederlandse economie. De gegevens van de industrie kunnen worden opgedeeld in de volgende vijf groepen:

- voeding- en genotmiddelenindustrie
- aardolie, chemie, rubber en kunststof
- ICT industrie
- metaalnijverheid exclusief ICT industrie
- overige industrie.

De tertiaire diensten in brede zin, bestaat uit de volgende bedrijfstakken:

- autohandel (groot- en detailhandel) en autoservice bedrijven (io-tabel regels 59 - 61)
- groothandel (io-tabel regel 62)
- detailhandel (io-tabel regel 63)
- zakelijke diensten (io-tabel regels 81 - 89)
- overige tertiaire diensten (inclusief horeca)

### Dekkingsgraden

Weliswaar dekken beide sectoren grote delen van de Nederlandse economie, maar de beschikbare gegevens voor dit onderzoek laten een veel lagere dekking zien. Dit komt doordat het CBS niet alle bedrijven integraal enquêteert. Via een steekproefmethode probeert het CBS te komen tot representatieve uitkomsten.

In de loop der tijd deed een aantal wijzigingen in de steekproefmethode zich voor, welke van belang is voor het beoordelen van de representativiteit. De dekking is in de loop der jaren behoorlijk afgenomen.<sup>36</sup> Een belangrijke reden is de enquêtedruk onder bedrijven te verminderen. Dit kan door ophoging van de steekproefdrempel. Bedrijven boven de drempel worden integraal waargenomen, bedrijven onder de drempel worden via een steekproef

<sup>36</sup> Overigens verschillen de Nationale Rekeningen (NR) en individuele bedrijfsgegevens ook van elkaar doordat de eerste een functionele benadering (nettoregistratie van de goederenstromen die via de handel lopen in de vorm van handelsmarges), terwijl de individuele bedrijfsgegevens betrekking op de exploitatierekeningen van individuele bedrijven (de zogenaamde institutionele benadering).

getrokken. Zo zijn in de bedrijfstak groothandel alleen de grotere (en gemiddeld productievere) bedrijven vanaf 1995 geënquêteerd. Ook de daling van het aantal bedrijven in de detailhandel is een gevolg van het feit dat de kleinste bedrijven uit de enquêtes zijn verdwenen. Anderzijds ging de enquêteomvang omlaag door bepaalde bedrijfstakken of bedrijven niet meer (jaarlijks) te onderzoeken. Zo ontbreekt het jaar 1999 voor de overige zakelijke dienstverlening.

#### **Ontbrekende prijsindicatoren ICT**

Dit document gebruikt voor de constructie en modelberekeningen in de centrale variant een geconstrueerde ICT prijsindexcijfer. Gebaseerd op het idee van Schreyer (2001) is het verschil tussen de prijsontwikkeling van de ICT-goederen en overige investeringsgoederen in de VS gezet op het Nederlandse cijfermateriaal. In een gevoeligheidsvariant (zie paragraaf 3.4) gebruiken we een prijsindexcijfer van computers die gebaseerd is op gegevens van de CBS-statistiek Kapitaalgoederenvoorraad. Beide indexcijfers staan weergegeven in tabel A2. Opvallend is dat in de tweede helft van de jaren negentig de laatste een veel minder sterke daling laat zien dan de eerste.

**Tabel A2 Prijsindexcijfers computers (1995=100)**

	Schreyer aanpak	CBS
1990	184,5	204,1
1991	166,4	176,2
1992	149,8	143,9
1993	132,4	121,4
1994	114,9	108,2
1995	100,0	100,0
1996	85,5	98,0
1997	73,5	99,0
1998	63,3	95,0
1999	54,3	91,0



## Bijlage B Constructie balanced en unbalanced panel

Voor het construeren van 'unbalanced' paneldata is de volgende procedure gevolgd. Als startpunt zijn alle beschikbare jaarlijkse cross-sectie bestanden aan elkaar gekoppeld en zijn de bedrijven geselecteerd waarvoor tenminste 5 achtereenvolgende jaren aan investeringsgegevens beschikbaar zijn. Na deze stap zijn (virtueel) de volgende datasets met complete investeringsgegevens te vormen:<sup>37</sup>

1. bedrijven met data in alle jaren van de periode 1993 - 1999;
2. bedrijven met data in alle jaren van de periode 1993 - 1998;
3. bedrijven met data in alle jaren van de periode 1993 - 1997;
4. bedrijven met data in alle jaren van de periode 1994 - 1999;
5. bedrijven met data in alle jaren van de periode 1995 - 1999;
6. alle overige bedrijven;

Voor elk van de selecties 1 tot en met 5 is de PIM-methode van Hall en Mairesse (1995) toegepast, zowel voor de totale investeringen in vaste activa als voor de investeringen in computers. Vervolgens zijn deze datasets samengevoegd tot één groot bestand. Het balanced panel is opgebouwd uit bedrijven waarvan alle data voor de periode 1994-1998 beschikbaar is.

**Tabel B.1 Aandeel ICT-kapitaal, 1994 en 1998<sup>a</sup>**

	Jaar	'Unbalanced' panel Aandeel in % totaal	'Balanced' panel 1994-1998
Groothandel	1994	2,7	2,6
	1998	5,6	5,7
Detailhandel	1994	0,9	0,9
	1998	1,7	1,7
Zakelijke diensten	1994	1,7	1,6
	1998	3,7	3,6
Overige tertiaire diensten	1994	0,7	0,9
	1998	1,3	1,1
Totaal Diensten	1994	1,6	1,6
	1998	3,2	3,3

<sup>a</sup> Berekeningen op basis van opgehoogde totalen

<sup>37</sup> De toevoeging 'compleet' sluit geenszins uit dat bedrijven in een willekeurig jaar niet investeren.

Opvallend is dat uitkomsten voor de twee datasets in de meeste gevallen slechts weinig verschillen in ICT-intensiteit (zie tabel B.1). De groeicijfers voor het 'balanced' panel vallen in doorsnee iets hoger uit dan als we de resultaten met twee cross-secties vergelijken (zie tabel B2).

**Tabel B2 Groeitempo kapitaalgoederenvoorraad, 1994-1998<sup>a</sup>**

	'Unbalanced' panel <sup>b</sup>		'Balanced' panel 1993 - 1998 <sup>b</sup>	
	ICT KGV	Totale KGV	ICT KGV	Totale KGV
	mutaties per jaar in %			
Industrie	21½	3¼	23	4
Tertiaire diensten	27½	6¾	27	5¾
w.v. Groothandel	26¾	5¼	26¾	4¾
Detailhandel	20½	4	26	5
Zakelijke diensten	24¼	4	28½	5¾
Overige tertiaire diensten	26½	15½	17½	5

<sup>a</sup> Berekeningen op basis van opgehoogde totalen;

<sup>b</sup> De uitkomsten voor het 'unbalanced' panel hebben betrekking op de selecties 1, 2, 4 (zie paragraaf 3), het 'balanced' panel op selectie 1;

## Bijlage C Gedetailleerde econometrische uitkomsten

### Schattingen binnen tertiaire diensten

Tabel C1 Gedetailleerde uitkomsten basismodel tertiaire diensten, periode 1994-1998

	Coëfficiënt	T-waarde
<b>Groothandel (N = 2368, T = 5)</b>		
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	- 0,110	- 2,1
ICT-kapitaal	0,041	4,1
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,070	3,5
Overig kapitaal	0,093	2,3
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau	- 0,015	- 0,4
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-groei	0,006	0,8
<b>Detailhandel (N = 2118, T = 5)</b>		
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	- 0,008	- 0,3
ICT-kapitaal	0,015	1,2
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,112	5,5
Overig kapitaal	0,166	3,2
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau	0,145	2,3
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-groei	- 0,002	- 0,4
<b>Zakelijke diensten (N = 2146, T = 5)</b>		
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0,082	1,5
ICT-kapitaal	0,143	6,5
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,160	4,5
Overig kapitaal	0,162	2,3
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau	- 0,057	- 0,9
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-groei	0,030	3,3
<b>Autohandel en reparatie (N = 862, T = 5)</b>		
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0,066	1,1
ICT-kapitaal	0,056	3,1
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	- 0,077	- 2,6
Overig kapitaal	0,211	3,2
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau	0,024	0,3
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-groei	0,015	1,6
<b>Overige Tertiaire diensten (N = 334, T = 5)</b>		
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0,010	0,4
ICT-kapitaal	0,082	2,1
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	- 0,198	- 3,3
Overig kapitaal	0,291	5,4
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau	- 0,250	- 1,9
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-groei	- 0,033	- 2,0

## Gedetailleerde uitkomsten varianten

**Tabel C2 Varianten op basismodel tertiaire diensten, periode 1994 - 1998**

	Coëfficiënt	T-waarde
<b>Model zonder ICT-effecten op TFP</b>		
N*T (7828*5)	39140	
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0,187	9,3
ICT-kapitaal	0,026	3,4
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,124	7,6
Overig kapitaal	0,281	9,1
<b>Basismodel met controle voor imputaties initiële ICT investeringen</b>		
N*T (7828*5)	39140	
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0,185	5,8
ICT-kapitaal	0,077	7,6
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,128	7,9
Overig kapitaal	0,238	5,4
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau	0,204	3,9
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-groei	0,017	3,9
Dummy voor bedrijven met imputaties	0,089	2,7
<b>Basismodel met alternatieve ICT deflator</b>		
N*T (7828*5)	39140	
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0,159	6,9
ICT-kapitaal	0,073	8,1
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,134	8,7
Overig kapitaal	0,191	8,0
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau	0,128	4,9
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-groei	0,022	5,3
<b>Basismodel met alternatieve pre-sample groei ICT</b>		
N*T (7828*5)	39140	
Arbeid in werkzame personen (schaalparameter)	0,190	8,3
ICT-kapitaal	0,077	8,1
Interactieterm ICT kapitaal en initiële ICT-intensiteit	0,116	7,3
Overig kapitaal	0,230	9,6
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-niveau	0,148	5,4
Dummy effect initiële ICT-intensiteit op TFP-groei	0,024	5,8