

2011
2012

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: accountancy en financiering*

Masterproef

*De invloed van spillovers op de economische prestaties
en het innovatiegedrag van bedrijven*

Promotor :
Prof. dr. Mark VANCAUTEREN

Philippe Vanderhoydonck

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur, afstudeerrichting accountancy en
financiering*

2011

2012

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: accountancy en financiering*

Masterproef

*De invloed van spillovers op de economische prestaties
en het innovatiegedrag van bedrijven*

Promotor :
Prof. dr. Mark VANCAUTEREN

Philippe Vanderhoydonck

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur, afstudeerrichting accountancy en
financiering*

Woord vooraf

In het kader van de afronding van mijn opleiding, Toegepaste Economische Wetenschappen: Handelsingenieur, aan de Universiteit Hasselt, schreef ik deze masterproef. Het onderwerp sluit aan bij een van mijn interesses, namelijk innovatie. Na een gesprek over mogelijke onderwerpen voor de masterproef met mijn promotor, prof. dr. Vancauteran, zijn we tot dit onderwerp gekomen. Ik zou hem dan ook willen bedanken voor alle hulp die hij mij geboden heeft.

Verder wil ik iedereen bedanken die ertoe heeft bijgedragen dat deze masterproef op een goede manier is kunnen geschreven worden. Zo zou ik Antoon Lenaert, hoofd van de Balanscentrale van de Nationale Bank van België, willen bedanken voor zijn hulp bij het uiteindelijk bemachtigen van de (unieke) sectorcodes van de bedrijven in de dataset die gebruikt werd in deze masterproef.

Tot slot zou ik ook de lezer willen bedanken voor zijn interesse en de tijd die hij/zij neemt om deze thesis door te nemen. Hopelijk leert u er iets van bij.

Samenvatting

Zoals het onderwerp van deze thesis stelt wordt er in dit onderzoek nagegaan wat de invloed is van spillovers op de productiviteit bij bedrijven in België. Er staan verschillende definities van spillovers vermeld in de literatuur. Een eerste definitie stelt bijvoorbeeld dat een spillover plaatsvindt wanneer het ontvangend bedrijf de kennis van het bedrijf van oorsprong gebruikt in zijn eigen innovatieve bezigheden (Griliches Z. , 1992). Een definitie die meer gerelateerd is aan dit onderzoek is de volgende (Blazsek & Escribano, p. 14, 2010): “Een spillover vindt plaats wanneer een innovatie geproduceerd door één bedrijf de productiviteit van een ander bedrijf verhoogt.”

Spillovers kunnen dus eigenlijk een vorm van input voor innovatie een bedrijf zijn. Aangezien innovatie een drijver is van economische groei, kan het in deze kenniseconomie belangrijk zijn om te weten welke invloed deze spillovers hebben. Indien blijkt dat deze spillovers een grote invloed zouden hebben op de productiviteit (en uiteindelijk dus op economische groei) dan is dit misschien iets waar bedrijven en de overheid aandacht aan kunnen besteden en spillovers kunnen stimuleren. Op die manier lijkt het mogelijk om competitief blijven met bijvoorbeeld de BRIC – landen (Brazilië, Rusland, India en China).

Innovaties ontstaan in de eerste plaats door aan R&D te doen. In een verder stadium worden voor deze technologieën vaak patenten aangevraagd. Patenten zijn een uitstekend medium om kennis te verspreiden. In ruil voor commerciële bescherming worden bedrijven verplicht om de specificaties van hun nieuwgevonden technologie vrij te geven aan de rest van de wereld. Iemand die dit patent dan leest, kan zijn toekomstige uitvindingen hierop baseren. Het lijkt dan ook logisch dat via deze patenten spillovers achterhaald kunnen worden.

In de eerste plaats denken we hierbij aan citaties waarbij er op een patent gerefereerd wordt naar voorgaande patenten. Een citatie wijst er dus op dat de technologie in kwestie, in zekere zin, voortbouwt op of geïnspireerd is door de geciteerde technologie. Dit is echter, omwille van praktische redenen, niet de manier waarop er in dit onderzoek wordt nagegaan of er spillovers hebben plaatsgevonden in België. Zoals in de paper van Kim, Maskus en Oh (2009) worden patentaanvragen op zich beschouwd als proxies voor spillovers. Meer bepaald stellen zij dat spillovers via het gebruik van intermediaire goederen plaatsvinden. Daarom worden er via de input-outputtabel van België, die beschikbaar is via het Federaal Planbureau, gewichten berekend die toegekend worden aan het aantal patenten in alle andere sectoren, behalve de sector in kwestie. Deze aantallen met hun respectievelijke gewichten zullen gebruikt worden als onafhankelijke variabele in de analyses. Op die manier wordt er dus getracht te achterhalen wat de invloed is van alle andere sectoren op één bepaalde sector. Later zal duidelijk worden hoe dit precies in zijn werk gaat.

Verder laat onze dataset het toe om de patentaanvragen op te splitsen tussen aanvragen voor technologieën uitgevonden door één Belg, twee of meer Belgen, een Belgisch-internationale samenwerking en één buitenlander of meerdere buitenlanders. Op die manier kan er nog gekeken worden of bepaalde groepen van uitvinders al dan niet meer invloed zouden kunnen hebben. Ook wordt er achterhaald welke de patent-intensieve sectoren in België zijn. Een sector kan bestempeld worden als een patent-intensieve sector wanneer zijn aandeel in het totaal aantal patenten groter is dan zijn aandeel in de output van de Belgische economie. We stellen vast dat er volgens deze definitie acht patent-intensieve sectoren bestaan.

Wanneer we naar de resultaten van de regressies kijken, zien we dat enkel een aantal patentvariabelen significant zijn. Dat betekent dus dat we geen bewijs konden vinden in dit onderzoek dat er spillovers hebben plaatsgevonden in België. Uiteraard betekent dit

niet dat deze er effectief niet waren. We kunnen dit echter niet bewijzen aan de hand van onze dataset.

De opbouw van dit onderzoek is als volgt: In hoofdstuk 1 starten we met een literatuurstudie. Allereerst zullen we het onderzoek breed kaderen om dan stelselmatig naar de kern van de zaak te komen. Het volgende hoofdstuk zal het basismodel waarop het onderzoek is gebaseerd, uiteenzetten. Hoofdstuk 3 zal dan de dataset die we voorhanden hebben, beschreven worden. Voordat de conclusies worden weergegeven zullen de analyses die werden gebruikt, worden beschreven in hoofdstuk 4.

Inhoudsopgave

WOORD VOORAF	I
SAMENVATTING	III
INHOUDSOPGAVE	VII
1 LITERATUURSTUDIE	1
1.1 ECONOMISCHE GROEI.....	1
1.1.1 <i>Kennis</i>	1
1.1.2 <i>Andere drijvers van economische groei</i>	3
1.2 INNOVATIE.....	6
1.2.1 <i>Factoren die innovatie beïnvloeden</i>	10
1.3 R&D.....	11
1.4 PATENTEN.....	13
1.4.1 <i>Patenteren of niet patenteren?</i>	16
1.4.2 <i>Wat kan er gemeten worden met patentdata?</i>	17
1.4.3 <i>De voor- en nadelen van patentdata</i>	20
1.5 DE RELATIE TUSSEN R&D EN PATENTEN.....	24
1.6 SPILLOVERS.....	25
1.6.1 <i>Hoe spillovers meten?</i>	30
2 MODEL	33
3 DATA	37
4 EMPIRISCH MODEL	55
5 CONCLUSIES	67

6	BIBLIOGRAFIE	71
7	APPENDIX	79

1 Literatuurstudie

1.1 Economische groei

Zoals Loayza en Soto (2002) vermelden, kan het belang van economische groei niet worden overschat. Op macro-economisch niveau is deze groei namelijk noodzakelijk in het bereiken van economische, sociale en zelfs politieke ontwikkeling.

Welke elementen spelen een rol in economische groei?

We zijn geëvolueerd van een economie waarbij arbeid en kapitaal de belangrijkste componenten waren naar een kenniseconomie waarin, logischerwijze, kennis de belangrijkste rol speelt (Houghton & Sheehan, 2000). Florida en Kenney (1991) beschrijven de evolutie van massaproductie naar een kenniseconomie als het feit dat kapitalisme een baanbrekende transformatie ondergaat van het massaproductiesysteem, waar de hoofdbron van waarde creatie lag bij handenarbeid, naar een nieuw tijdperk van *'innovation-mediated production'*, waar de hoofdcomponent van waarde creatie, productiviteit en economische groei, kennis is. Er wordt nu verder ingegaan op kennis en de kenniseconomie alvorens de andere drijvers van economische groei te beschrijven aangezien voornamelijk deze gerelateerd is aan de rest van het onderzoek.

1.1.1 Kennis

De opkomst van de kenniseconomie kan gekarakteriseerd worden in termen van de toenemende rol die kennis speelt als een factor van productie en zijn impact op vaardigheden, leren, organisatie en innovatie (Houghton & Sheehan, 2000). De graad van integratie van kennis en informatie in economische activiteiten is nu zo hoog dat het structurele en kwalitatieve veranderingen heeft teweeg gebracht in de werking van de economie en het de basis van competitieve voordelen heeft getransformeerd. De stijgende kennis intensiteit in de wereldeconomie en de toenemende mogelijkheid om kennis te

verspreiden, heeft de waarde van die kennis voor alle deelnemers in het economisch systeem verhoogd. De gevolgen hiervan zijn zo diepgaand, niet alleen voor de strategieën van bedrijven en het beleid van overheden maar ook voor de instituten en de systemen die men gebruikt om het economisch gedrag te reguleren (Houghton & Sheehan, 2000).

De kenniseconomie ontstaat door twee drijvende krachten: een stijging van, zoals reeds aangehaald, de kennisintensiteit in economische activiteiten en de toenemende globalisering (Houghton & Sheehan, 2000). Deze stijging in kennisintensiteit wordt gedreven door zowel de informatietechnologierevolutie als het toenemend tempo van technologische verandering. Globalisering daarentegen wordt gedreven door nationale en internationale deregulatie en een aan IT (Informatie Technologie) gerelateerde communicatierevolutie.

De term 'kenniseconomie' is een uitdrukking die in het leven is geroepen omwille van de grotere afhankelijkheid in geavanceerde economieën van kennis, informatie, een hoog vaardigheidsniveau (*high skill level*) en de toenemende nood aan toegang tot al deze elementen door bedrijven en de publieke sector. Kennis en technologie worden (toenemend) ingewikkeld en verhogen het belang van verbindingen tussen bedrijven en andere organisaties als een manier om gespecialiseerde kennis op te doen (OECD, 2005).

Dat kennis belangrijk is, is niets nieuw. Eind jaren '80 en begin jaren '90 gaven Romer (1986), Lucas (1988) en Grossman en Helpman (1991) aan dat toegang tot kennis de voornaamste bron is van een continue economische groei. Ook Lever stelt in 2002 dat kennis tot innovatie in producten, diensten en processen leidt die op hun beurt nieuwe markten kunnen creëren. Kennis kan verder de productie van bestaande goederen of diensten goedkoper maken en een verhoging van de productiviteit betekenen. Kennis heeft altijd al een centrale rol gespeeld in de economische ontwikkeling, maar het is alleen maar in belang gaan groeien (OECD, 1996).

Deze op kennis gebaseerde economie hecht grote waarde aan zowel de verspreiding en het gebruik van informatie en kennis als de creatie ervan. De factoren die het succes bepalen van bedrijven, en van nationale economieën als een geheel, berusten steeds meer op hun effectiviteit in het verzamelen en gebruiken van kennis (David & Foray, 1995). Bottazzi en Peri (2002) stellen dat nieuwe ideeën de kennisvoorraad vergroten, dat op zijn beurt productiviteit verhoogt.

1.1.2 Andere drijvers van economische groei

De OESO¹ geeft in het boek 'The sources of economic growth in OECD countries' (2003) een overzicht² van de zaken die invloed hebben op, zoals de titel het zegt, economische groei. De eerste twee dingen die ze aangeven zijn fysiek en menselijk kapitaal. Deze zijn, zoals reeds aangegeven, traditioneel gezien de twee basis componenten van economische groei (bijvoorbeeld Lucas, 1988; Romer, 1986).

Ook R&D (onderzoek en ontwikkeling) speelt een grote rol. Uitgaven in R&D kunnen beschouwd worden als een investering in nieuwe technologieën en als een meer efficiënte manier om fysiek en menselijk kapitaal te gebruiken (OECD, 2001). Hier zal later dieper op ingegaan worden. Ook op de invloed van innovatie zal later breder aan bod komen.

Een andere categorie van kapitaalgoederen die een invloed uitoefent op productiviteit (en dus economische groei) is ICT investeringen. Dit door het beïnvloeden van het traditioneel

¹ Als er naar de OESO verwezen wordt, kan u dit terug vinden in de literatuurlijst onder OECD (= de Engelstalige afkorting van 'Organisation for Economic Co-operation and Development, ofnog de 'Organisatie voor economische samenwerking en Ontwikkeling.)

² Wat volgt (tot aan het volgend puntje, 1.2 Innovatie) komt dus voornamelijk uit het boek 'The sources of economic growth in OECD countries' (2003). Hier zijn bevindingen van andere papers door mij toegevoegd om op die manier een totaal beeld te creëren.

proces van “kapitaal verdieping” (een verhoogde intensiteit van fysiek kapitaal per eenheid arbeid) (Oliner et al, 2007; Jorgenson et al., 2005; Biatour et al., 2011). Verder heeft ICT ook een efficiëntere werkorganisatie teweeg gebracht en voor een bredere communicatie gezorgd tussen zowel producenten als tussen producent-consument. Deze nieuwe technologie heeft er verder nog voor gezorgd dat nieuwe bedrijven en markten snel konden bloeien in nieuwe delen van de economie. De grootste vooruitgang in productiviteitsgroei, gerelateerd aan ICT, komt voornamelijk door het gebruik van uiterst productieve ICT uitrusting in de verschillende industrieën.

Een volgend element dat een rol speelt in het verklaren van economische groei is internationale handel³. Internationale handel beïnvloedt productiviteit door de competitieve druk op de binnenlandse bedrijven te verhogen (Biatour et al., 2011; OECD, 2005). Globalisering, waarvan internationale handel één van de drijvers is, heeft verder nieuwe organisationele vormen met zich mee gebracht om een globale supply chain te kunnen managen (OECD, 2005). Deze organisationele vormen kunnen als basis dienen voor innovatie en daardoor de productiviteit ook verhogen. Tot slot kan internationale handel een kanaal zijn voor R&D spillovers, maar daarover later meer.

Op het niveau van macro-economisch beleid ziet men ten eerste dat het belastingbeleid een grote rol kan spelen: uit het onderzoek van de OESO (2003) bleek dat landen die meer rekenen op directe belastingen om overheidsuitgaven te financieren een relatief lagere economische groei noteren. Zo vond men ook dat bepaalde delen van het belastingbeleid ondernemerschap en de groei van kleine bedrijven kunnen aan- en ontmoedigen (deze

³ Tarlok (2010) geeft echter wel aan dat er eerst meer aandacht dient besteed te worden aan bepaalde metingsproblemen en dergelijke, vooraleer men met zekerheid kan zeggen dat internationale handel wel degelijk een rol speelt in economische groei.

spelen toch een belangrijke rol in het innovatieverhaal en in de verspreiding van nieuwe technologieën).

Verder kan een hoge inflatie een negatieve invloed hebben op incentives om te investeren in de privésector en kan de inflatie op die manier dus een negatieve invloed hebben op output. Ook de onzekerheid als gevolg van volatiele prijzen blijkt de economische groei in te toemen of te beperken door het verschuiven van de samenstelling van investeringen in het voordeel van de minder risicovolle, lagere rendementsprojecten.

Vervolgens bestaat er de kans dat de globale grootte van de overheid in de economie niveaus kan aannemen die de groei verzwakken: Uitgaven in gezondheidszorg, onderwijs en onderzoek kunnen duidelijk een meerwaarde betekenen in het behouden van levensstandaarden op lange termijn en in het bereiken van sociale doelen. Maar de financiering van dit alles, samen met hoge niveaus van belastingen en hoge overheidstekorten, zorgen ervoor dat de nodige middelen die gebruikt kunnen worden om de economie te doen groeien, opgebruikt worden en er dus geen middelen meer overblijven om waarde creërende activiteiten uit te voeren.

Pro-competitieve reguleringen zorgen er algemeen gezien voor dat de productiviteit op sectorniveau verbetert. Dit omwille van het feit dat er in een zwakke competitieve markt relatief weinig mogelijkheden zijn om bedrijfsprestaties te vergelijken en het overleven van een bedrijf niet meteen bedreigd is door inefficiënte praktijken. Wanneer er daarentegen wel competitieve druk is, is het gemakkelijker om te vergelijken waardoor het risico om marktaandeel te verliezen veel groter is en men dus zo efficiënt mogelijk moet presteren. Gelijklopend hiermee is de nood om kostefficiënt te produceren een krachtige motivatie om de technologie aan te passen aan de *best practice*.

Verder helpen pro-competitieve reguleringen bij het stimuleren van groei door het promoten van innovatie. Product-marktregulatie is goed voor innovatie als het intellectuele eigendomsrechten voorziet die leiden tot innovatie (omwille van de bescherming), terwijl men er ook op toeziet dat men geen misbruik maakt van patenten en innovatie-uitgaven om anti-competitieve strategieën te voltooien. De OESO vond verder ook dat arbeidsmarktreguleringen een invloed kunnen uitoefenen op innovatie maar deze impact hangt af van andere institutionele aspecten van de arbeidsmarkt. Als voorbeeld: Innovatie-gedreven veranderingen in de vereiste job-vaardighedenmix betekent vaak dat men werknemers moet ontslaan en anderen moet aanwerven. Wanneer de bescherming van de werknemer minder rigide is, zal dit gemakkelijker verlopen.

Ook het toetreden en het uitstappen van bedrijven in de markt heeft een significante, weliswaar kleine invloed op productiviteit en dus economische groei. Daarom zal er hier ook niet verder op in gegaan worden.

Tot slot ⁴ kunnen goed ontwikkelde financiële markten ervoor zorgen dat financiële middelen bij de meest belonende projecten terecht komen en dat investeringen aangemoedigd worden. Hetgeen dan op zijn beurt zal zorgen voor lange termijn groei.

1.2 Innovatie

Het is algemeen aanvaard dat innovatie centraal staat bij de groei van output en productiviteit (OECD, 2005; Cainelli, Evangelista, en Savona, 2004; Bottazzi & Peri, 2002). Schumpeter stelde in 1934 dat economische ontwikkeling gedreven is door innovatie via een dynamisch proces waarbij de nieuwe technologieën de oude vervangen (hetgeen hij

⁴ Barro en McCleary (2003) stellen nog dat religie een invloed heeft op economische groei. In hun onderzoek vinden ze dat economische groei positief gerelateerd is aan geloof maar negatief gerelateerd aan kerkbezoeken.

'creatieve destructie' noemt). In zijn visie veroorzaken radicale innovaties grote veranderingen terwijl incrementele innovaties continu het proces van verandering vooruithelpen. Li (2008) stelt dat innovatie het levensbloed is van de moderne economie. Het is zelfs zo belangrijk voor bedrijven en landen dat er nationale innovatie systemen ontworpen zijn om het proces van innovatie te bevorderen.

Maar wat is innovatie nu precies?

Beginnend bij Schumpeter (1934): Hij geeft aan dat er vijf types van innovatie bestaan:

- Introductie van nieuwe producten
- Introductie van nieuwe methodes van productie
- Het openen van nieuwe markten
- Het ontwikkelen van nieuwe bronnen van supply
- De creatie van nieuwe marktstructuren binnen een industrie

In de literatuur zijn er verder veel definities van innovatie terug te vinden. Om enkele als voorbeeld te nemen: Ten eerste stelt Dosi (1988) dat innovatie is een probleemoplossend proces door dewelke oplossingen voor economisch waardevolle problemen worden ontdekt via onderzoek. Acs en Audretsch (1990) beschrijven innovatie dan weer als een proces dat begint bij een uitvinding, vervolgt wordt door de ontwikkeling van de uitvinding in kwestie en resulteert in de introductie van een nieuw product, proces of service (Yang et al., 2010). Rogers (1998) daarentegen legt eerder een link met bedrijfsprestaties: Innovatie is het proces van het introduceren van nieuwe ideeën in het bedrijf die resulteren in verhoogde bedrijfsprestaties.

Er blijkt echter wel een akkoord te bestaan dat de definitie van de OESO een van de meest complete definities is: "Innovatie is de implementatie van een nieuw of significant

verbeterd product (goed of service), proces, een nieuwe marketing methode of een nieuwe methode met betrekking tot de organisatie van de manier waarop men zaken doet (een organisationele innovatie)" (OECD, 2005, p. 46). Ik stip hier even het woord 'implementatie' aan in de definitie van de OESO. Het is dus niet genoeg om simpelweg iets uit te vinden. De uitvinding moet ook effectief op de markt gebracht worden of indien het een procesinnovatie is, moet deze worden gebruikt in het productieproces.

Ondanks de duidelijkheid van de definitie, blijkt het toch een uitdaging om innovatie te meten op een manier dat men het ook kan gebruiken voor statistische/econometrische analyse. Het centrale probleem is dat er geen twee gelijke innovaties bestaan. Sommige innovaties (bijvoorbeeld de uitvinding van de telefoon) creëren hele nieuwe markten terwijl andere innovaties misschien wel bruikbaar zijn maar eerder onbelangrijk. En bovendien is er nog een heel ruim bereik daartussen. Over het algemeen kan men wel stellen dat 'kleinere' innovaties meer vertegenwoordigd zijn dan de baanbrekende (Hall, 2011).

Sinds de industriële structuur van gevorderde economieën is weggeschoven van productie naar services, zijn economen en anderen geleidelijk aan tot het besef gekomen dat concepten zoals 'technical change' en 'R&D' niet meer het hele verhaal vertellen van een toegenomen productiviteit in de economie. Recent onderzoek is dan ook breder beginnen kijken naar innovatie (als zijnde een drijver van groei). Zo zijn er een aantal niet R&D-gerelateerde innovatieve uitgaves geïdentificeerd: de latere fasen van ontwikkeling en testen die niet inbegrepen zijn in R&D, kapitaalsuitgaven gerelateerd aan de introductie van nieuwe processen, marketing uitgaven gerelateerd aan nieuwe producten, bepaalde soorten trainingen voor werknemers, uitgaven in ontwerp en technische specificaties, etc. (Hall, 2011). Daarom vindt men in de definitie van innovatie van de OESO (2005) ook de elementen van marketing- en organisationele innovaties terug.

Lam (2005) benadrukt de rol van organisationele innovatie: Economen veronderstellen dat organisationele verandering een reactie is op technische verandering. In feite zou organisationele innovatie mogelijk een vereiste voorwaarde kunnen zijn voor technische verandering. Organisationele innovatie is niet alleen een ondersteunende factor voor product- en procesinnovatie, het kan op zich ook een belangrijke impact hebben op de bedrijfsprestaties (OECD, 2005). Organisationele innovatie kan de kwaliteit en efficiëntie van het werk verbeteren, de uitwisseling van informatie ondersteunen en de mogelijkheid van het bedrijf om bij te leren en nieuwe kennis en technologie te gebruiken, stimuleren.

Volgens de OESO (2005) is het noodzakelijk om marketing methodes op te nemen in het framework rond innovatie. Mogelijke voorbeelden voor marketinginnovaties zijn bijvoorbeeld de productverpakking of productpromotie (Millot, 2006). Er zijn op zijn minst twee redenen waarom men marketing opneemt als een aparte categorie in plaats van deze te integreren in organisationele of procesinnovatie. Ten eerste kunnen marketing innovaties bijvoorbeeld belangrijk zijn voor bedrijfsprestaties en het globale innovatieproces. Het identificeren van marketinginnovaties zorgt voor een analyse van zijn impact en interactie met andere types van innovatie. Verder zijn marketinginnovaties gericht op klanten en markten, met het zicht op het verbeteren van verkoopcijfers en marktaandeel. Dit staat in contrast met proces innovatie, dat zich vooral richt op kwaliteit en efficiëntie.

Tot slot kunnen we besluiten met te stellen dat het algemeen erkend is dat het meten van de prestaties van innovatie een hulp kan betekenen in het formuleren van het beleid rond innovatie. Hierdoor ligt er ook een grote nadruk op het interpreteren van indicatoren en statistieken hieromtrent en dient dit correct te gebeuren. Maar innovatie is complex en bijgevolg ook moeilijk om (correct) te meten. (Li, 2008)

1.2.1 Factoren die innovatie beïnvloeden⁵

Bedrijven kunnen aan innovatie doen omwille van tal van redenen. Allereerst kunnen hun doelstellingen betrekking hebben tot producten, markten, efficiëntie, kwaliteit of het vermogen om te leren en veranderingen implementeren.

Innovatieve activiteiten kunnen belemmerd worden door een aantal factoren: economische factoren (zoals hoge kosten of een tekort aan vraag), bedrijfsspecifieke factoren (zoals een tekort aan gekwalificeerde werknemers of kennis) en wettelijke factoren (zoals belastingen).

Investerings in innovatie door één partij produceren externe voordelen door het faciliteren/vergemakkelijken van innovaties bij andere partijen (Fung, 2005). Het vermogen om zich de winsten van hun innovatieve activiteiten toe te eigenen, beïnvloedt ook de beslissing van het al dan niet innoveren (Acs & Audretsch, 1989). Als bedrijven hun innovaties niet kunnen beschermen van imitatie door concurrenten, zullen ze minder geneigd zijn om te innoveren. Dit kan bijvoorbeeld verholpen worden door het in werking stellen van een patentensysteem. Langs de andere kant, als een industrie kan functioneren zonder formele bescherming, kan het promoten van een dergelijke bescherming de stroom van kennis en technologie afzwakken en kan het leiden tot hogere prijzen voor goederen en services. In het deel van spillovers zal er verder gegaan worden op deze externe voordelen van innovatie.

De meest cruciale input in het innovatie-producerend proces is echter economisch bruikbare kennis (Acs & Audretsch, 1989; Griliches Z. , 1986). Van Stel en Nieuwenhuijsen (2004) stellen dat kennis (bekomen via bijvoorbeeld R&D activiteiten) accumuleert en dit genereert innovaties in bedrijven. De creatie van nieuwe kennis gebeurt vaak in

⁵ Komt uit *Oslo Manual* (OECD, 2005), aangevuld met een aantal andere bronnen.

combinatie met bestaande elementen van kennis (Fleming, 2001), of de reconfiguratie van de manier waarop kenniselementen zijn gelinkt (Henderson & Clark, 1990). Hier wordt later dieper op ingegaan.

Tot slot stellen Acs en Audretsch (1989) ook dat de grootte van het bedrijf een rol speelt in innovatieve output.

1.3 R&D

R&D wordt beschouwd als een input maatstaf voor innovatie (Kim et al., 2009; Hall B., 2011; Acs & Audretsch, 1989). In de 'Frascati Manual' wordt R&D gedefinieerd als de ontwikkeling van nieuwe kennis en nieuwe praktische applicatie van kennis (OECD, 2002). Door ontwikkelingen in R&D slaagt men er dus in nieuwe kennis te genereren die ervoor kan zorgen dat men een competitief voordeel uitbouwt en op die manier meer positieve cijfers en groei kan realiseren (Malecki, 1997).

R&D uitgaven kunnen verschillen in type maar hetgeen waarnaar ze streven, blijft altijd het verhogen van de stock of knowledge met als doel het vinden van nieuwe applicaties en uitvindingen. Meestal wordt er een verschil gemaakt tussen basisonderzoek, toegepast onderzoek en ontwikkeling (afhankelijk van hoe dicht het onderzoek staat bij commercialisatie). Algemeen gezien kan er gesteld worden dat hoe dichter men bij een commerciële toepassing is, hoe groter het aandeel van uitgave in R&D zal zijn. (Hall et al., 2009)

Er wordt gewoonlijk ook een onderscheid gemaakt tussen R&D gericht op het uitvinden van nieuwe productiemethoden, zijnde proces R&D, en R&D gericht op de creatie van nieuwe of verbeterde producten, zijnde product R&D. Verder kan er ook nog een onderscheid gemaakt worden op basis van de bron van financiering – publiek of privé – of op basis van

het feit dat de R&D is uitgevoerd door een bedrijf of een andere organisatie zoals een universiteit of een onderzoeksinstituut. (Hall et al., 2009)

R&D kan de productiviteit verhogen door het verbeteren van de kwaliteit, door het verminderen van de gemiddelde productiekost van bestaande goederen of door simpelweg het verwijden van het gamma finale of intermediaire producten. Dit kan als gevolg hebben: een verhoging van de winst, prijsdalingen, een herverdeling van factoren en het toetreden of uitstappen van bedrijven in of uit de markt.

Moderne bedrijven maken strategische beslissingen in verband met investeringen in R&D in de hoop dat ze van een competitief voordeel kunnen genieten in de volgende periodes. Hun keuze in verband met het budget voor deze investeringen kan afhangen van veel factoren. Allereerst hebben bedrijven geen garanties dat hun R&D inspanningen iets zullen opleveren. Aangezien de returns dus niet vooraf bekend zijn, bestaat er een aanzienlijke speling tussen gedragsmatige factoren en intuïtie én een serieuze kosten-baten analyse (Coad & Rao, 2007). Het lijkt wel logisch dat privébedrijven in de eerste plaats in R&D projecten met de hoogste (privé) return willen investeren. (Hall & Van Reenen, 2000)

Voorts kan kennis opgedeeld worden in 'tacit' kennis en expliciete kennis. Daar waar expliciete kennis gemakkelijk gecommuniceerd kan worden, wordt 'tacit' kennis vaak onbewust gebruikt en kan moeilijk verbaal gecommuniceerd worden (Döring & Schnellenbach, 2006). Kennis dat uit onderzoeksactiviteiten wordt gehaald is in grote mate 'tacit' (stilzwijgend of impliciet), zelfs wanneer de kennis wordt beschreven in een wetenschappelijke publicatie of een patent. Veel van de waarde van R&D investeringen zit dan ook ingebed in het intellect van de onderzoeker (Bottazzi & Peri, 2002). Deze wetenschappers verwerven geleidelijk aan ervaring, accumuleren onderzoeksvaardigheden en 'tacit' inzicht in hun wetenschappelijk domein doorheen de tijd. Daarom zijn investeringen in R&D het meest effectief als onderzoeksprogramma's gevolgd worden voor

lange periodes, waarbij het R&D personeel samen leert werken en ongestoord, zonder een gebrek aan middelen, kan verder werken. Investerings in R&D zijn daarom meer gespreid over tijd.

Gegeven deze karakteristieken van R&D investeringen (onzekerheid en de nood aan een continue inzet), is het plausibel om te verwachten dat bedrijven een aantal 'rules of thumb' hanteren om te bepalen welk percentage men zal spenderen aan R&D. (Coad & Rao, 2007)

Aangezien R&D een input maatstaf is, zegt het niets over het succes van de innovatie (Hall B. , 2011). Een ander negatief punt is dat R&D maatstaven alleen maar de gebudgetteerde middelen voor R&D weergeven in plaats van de bedragen die ook resulteren in innovaties (Acs & Audretsch, 1989). Kleine bedrijven doen bijvoorbeeld meer aan R&D dan ze officieel budgetteren. Hierdoor kan men misschien een vertekend beeld krijgen (Griliches, 1990). Het weergeven van de budgetten heeft op zich dan wel weer als voordeel dat R&D uitgaven zijn uitgedrukt in vergelijkbare eenheden (valuta) en dat het een (kostelijke) beslissingsvariabele vertegenwoordigd van het bedrijf over zijn gepast niveau van innovatieve activiteiten (Hall B. , 2011).

1.4 Patenten

In tegenstelling tot R&D uitgaven zijn patenten een, op zijn minst partiële, maatstaf voor output innovatie (Acs en Audretsch, 1989; Hall, 2011). Een patent is een document, uitgegeven door een overheidsbevoegd agentschap, dat het recht geeft om anderen uit te sluiten van de productie of het gebruik van een specifiek nieuw toestel, apparaat of proces voor een aantal jaar⁶ (Mäkinen, 2007), geldig in een bepaald grondgebied (Li, 2008). Dit recht wordt toegekend aan de uitvinder van dit product of proces na een onderzoek dat

⁶ 20 jaar, geteld vanaf de indieningsdatum (OESO, 2009).

zich richt op zowel de nieuwigheid van het geclaimde item als zijn potentieel nut (Griliches Z. , 1990). Li (2008), alsook de OESO (2009), wijst hierbij ook op het feit dat de uitvinding een zekere mate van inventiviteit moet bezitten (geen vanzelfsprekende uitbreiding).

De OESO (2009) verwijst naar Artikel 28 van de 'Trade-Related Intellectual Property Rights Agreement' bij het beschrijven welke rechten men verwerft door een patent: "Een patent zal aan zijn eigenaar volgende exclusieve rechten verlenen:

- Wanneer het patent betrekking heeft tot een product kan men voorkomen dat derden, zonder toestemming van de eigenaar, het product zullen maken, gebruiken, te koop aanbieden, verkopen of het importeren van het product voor een van vorige doeleinden;
- Wanneer het patent betrekking heeft tot een proces kan men voorkomen dat derden, zonder toestemming van de eigenaar om het proces te gebruiken, het product rechtstreeks verkregen via dit proces zullen gebruiken, te koop aanbieden, verkopen of importeren."

Het doel van het patentensysteem is om uitvindingen aan te moedigen door een tijdelijk monopolie te creëren voor de uitvinder en door haar te dwingen om vroegtijdig informatie vrij te geven die nodig is voor het produceren van het gepatenteerd product of de werking van het nieuw proces (Griliches Z. , 1990; Li, 2008). Er zijn verschillende manieren waarop patenten inventiviteit stimuleren. Allereerst maken ze nieuwe kennis openbaar door de onthulling van uitvindingen: ze verspreiden informatie die anders geheim zou blijven. Hierdoor zijn andere uitvinders in staat om nieuwe uitvindingen te bedenken. Dit bevordert dus een snellere verspreiding van technologieën voor snellere innovatie, hetgeen goed is voor de maatschappij in zijn geheel (Li, 2008). Door deze openbaarmaking voorkomt men ook nodeloze overlap van R&D inspanningen. Zo worden onderzoekers aangemoedigd om zich alleen te richten op nieuwe gebieden.

Omdat patenten rechtelijke instrumenten zijn, kunnen deze verhandeld worden: het recht dat door het patent ontstaat kan door de uitvinder aan iemand anders worden overgedragen (Griliches Z., 1990). Patenten vergemakkelijken dus de ontwikkeling van technologische markten, die een betere allocatie van middelen (voor technologisch gebruik) in de economie moeten verzekeren (OECD, 2009).

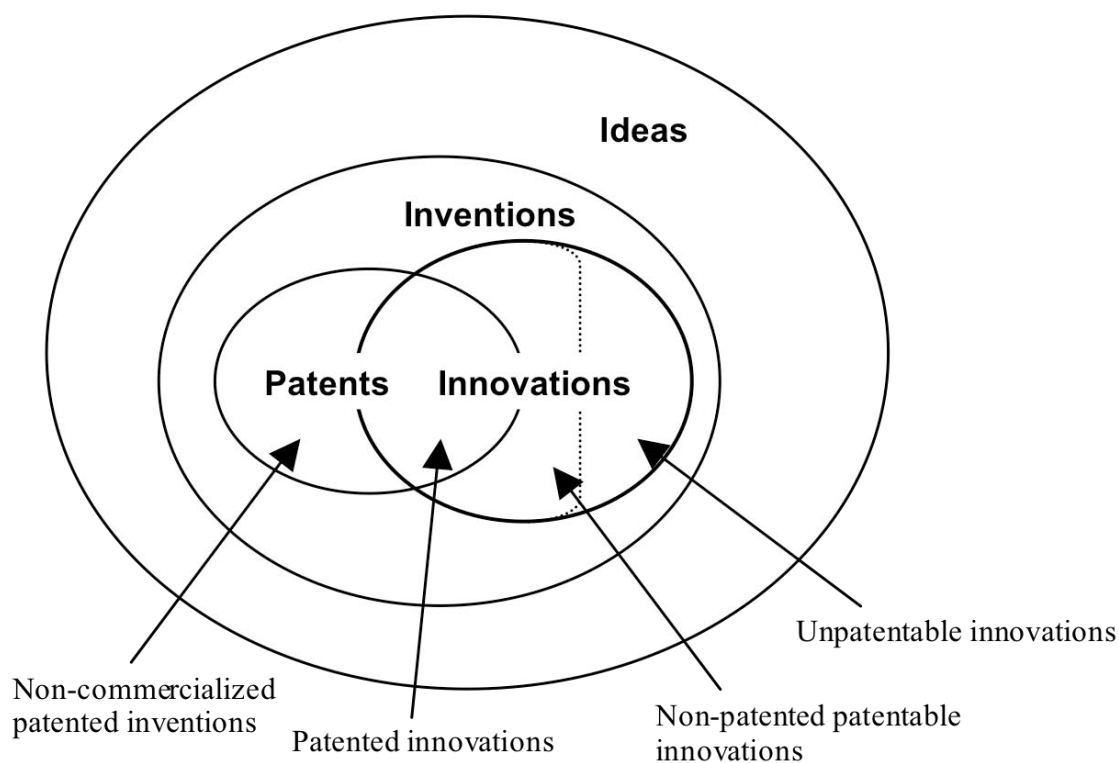
De relatie tussen ideeën, innovaties en patenten zijn niet zo klaar en duidelijk zoals ze op het eerste zicht lijkt. Ideaal gezien beslist een bedrijf om te investeren in een idee om deze om te vormen tot een innovatie. Naast het feit of het bedrijf erin slaagt het idee in kwestie om te vormen tot een innovatie, kan het bedrijf beslissen of deze al dan niet gepatenteerd zal worden.

In dit ideale geval zal de definitie van 'geneigdheid tot patenteren' (zijnde een ratio van het aantal gepatenteerde innovaties over alle innovaties), rechttoe rechtaan zijn en zal op die manier ook eenduidig de relatie tussen innovaties en patenten kunnen beschrijven. In realiteit is dit wel iets anders: het is mogelijk dat een uitvinding die niet wordt gecommercialiseerd, en dus niet telt als een innovatie⁷, wel wordt gepatenteerd. Daar tegenover staat dat niet voor alle uitvindingen de mogelijkheid⁸ bestaat dat zij gepatenteerd zullen worden en dat patentbescherming niet altijd beschikbaar is, ook al is de uitvinding met succes op de markt gebracht. Tot slot bestaat er de mogelijkheid dat ondanks het feit dat de innovator beslist om een patent aan te vragen, deze aanvraag afgewezen wordt. In figuur 1 wordt de relatie tussen ideeën, uitvindingen, innovaties en patenten weergegeven. Zelfs wanneer innovaties beschermd zijn door patenten, kan er geen één-op-één relatie verondersteld worden tussen innovatie en patenten omdat er de

⁷ Dit is in lijn met de definitie van de OESO (2005), zie pagina 7 - 8.

⁸ Het kan zijn dat een bepaalde uitvindingen niet voldoet aan de voorwaarden om gepatenteerd te kunnen worden.

mogelijkheid bestaat dat één uitvinding door meerdere patenten wordt beschermd, terwijl één patent ook meerdere innovaties kan beschermen. Figuur 1 probeert dit alles samen te vatten.



Figuur 1: ideeën, uitvindingen, innovaties en patenten⁹

1.4.1 Patenteren of niet patenteren?

De innovator weegt de voordelen af tussen patentbescherming en het toe-eigenen van de returns van innovatie door andere manieren (bijvoorbeeld geheimhouding, first mover advantage en complementaire capaciteiten). In de theoretische economische literatuur over patenten wordt dit dilemma gemodelleerd door een winst maximaliserende afweging tussen patenteren en niet patenteren. (zie bijvoorbeeld Denicolò en Franzoni, 2003; Anton en Yao, 2004; Langinier, 2005; Kultti et al., 2007). Dit heeft als gevolg dat de geneigdheid

⁹ Deze figuur komt uit Mäkinen (2007).

om te patenteren, zijnde de ratio van het aantal gepatenteerde innovaties over alle innovaties, positief is maar kleiner dan 1 (Mäkinen, 2007).

Cohen, Nelson en Walsh (2000) vonden door middel van hun enquête een aantal redenen waarom bedrijven niet zouden patenteren: Ten eerste is het soms moeilijk om de nieuwigheid te bewijzen van de innovatie. Verder schrikt het feit dat men in een patentaanvraag de informatie achter de innovatie moet prijsgeven, bedrijven af om de stap te zetten tot het aanvragen van een patent. Vervolgens zijn de kosten van zowel het aanvragen van het patent als het patent verdedigen in de rechtbank, voor velen te hoog. Ook het gemak om rond een patent heen te innoveren, is afschrikwekkend. Hier wordt verder op ingegaan in het deel over de voor- en nadelen van patenten.

1.4.2 Wat kan er gemeten worden met patentdata?

Uit de literatuur blijkt dat men met patentdata verschillende zaken kan meten (Li, 2008; Oltra & Kemp, 2008):

Ten eerste kan men het aantal patentaanvragen niet alleen als een maatstaf voor innovatieve output gebruiken maar ook om het niveau van innovatieve¹⁰ activiteit na te gaan (Popp, 2005).

¹⁰ Oltra en Kemp (2008) geven aan dat het misschien beter is om over inventieve activiteiten te praten in plaats innovatieve activiteiten, aangezien deze een verschillende betekenis hebben. Innovatieve activiteit omvat meer dan de ontwikkeling en het gebruik van een uitvinding. Innovatie omvat productie, design en marketing. Een innovatie project moet niet gebaseerd zijn op een uitvinding. Het gepatenteerd product/proces/service wordt ook niet altijd gecommmercialiseerd en men kan dus niet altijd over een innovatie spreken.

Vervolgens geven patenten een indicatie van het type van innovatie. Elk patent geeft een gedetailleerde beschrijving weer van de uitvinding en wordt ingedeeld aan de hand van de 'International Patent Classification' (IPC). Deze classificatie is een hiërarchisch systeem waarbij het hele gebied van technologie onderverdeeld is in een aantal secties, klassen, subklassen en groepen. Dit systeem is onmisbaar bij het terugvinden van patentdocumenten in de zoektocht naar het feit of een uitvinding al dan niet nieuw is of bij het onderzoeken hoe ver een bepaalde soort technologie is gevorderd. Deze data staat een micro-economische analyse toe van de gepatenteerde uitvinding. Meer precies: de beschrijving van de technologie en de IPC codes kunnen gebruikt worden in het onderscheiden van verschillende types van technologische innovatie aan de hand van de graad van nieuwigheid (radicaal of incrementeel) en hun technologisch veld.

Verder zegt het aanvragen van een patent iets over technologische competenties van een organisatie/bedrijf. Het feit dat een bedrijf een patent aanvraagt in een bepaald technologisch veld betekent dat dat bedrijf zich op, of dichtbij, de technologische grens bevindt en dat deze over geavanceerde technologische competenties bezit in dat gebied. Patent portfolio's van bedrijven bieden gedetailleerde informatie over de relevante technologische gebieden, hetgeen van belang is in het beoordelen van het spectrum van technologische activiteiten waar het bedrijf zich mee bezig houdt (Breschi, Malerba en Orsenigo, 2000).

Ten vijfde zijn patenten een proxy voor de technologische sterkte van een land (OECD, 2005). Een land met veel patenten is natuurlijk technologisch sterk ontwikkeld. Men kan ook dieper gaan: men kan nagaan of een land een prominente rol speelt in een bepaalde sector of in een bepaald technologisch gebied (bijvoorbeeld nanotechnologie).

Verder kan patentdata gebruikt worden als maatstaf voor technologische verspreiding aangezien deze beschikbaar zijn voor veel verschillende landen om op die manier patronen

van verspreiding te onderzoeken (Popp, 2005; Griliches, 1990). Door het territoriaal karakter van een patent, moeten uitvinders een patent aanvragen in elk land waar ze bescherming wensen voor hun uitvinding. In Europa kan men ervoor opteren om op het niveau van Europa een patent aan te vragen. Aangezien dit vrij duur kan zijn, kan het zijn dat uitvinders eerst een patent aanvragen in eigen land waarna ze een patentaanvraag indienen bij de European Patent Office (EPO) wanneer ze bescherming wensen in meerdere Europese landen. Omwille van deze hoge kost, toont een patentaanvraag in een bepaald land dat de uitvinder verwacht dat deze uitvinding mogelijk een winst kan genereren in dat land (Kim, Maskus en Oh, 2009). Dus onderzoekers kunnen deze data van meerdere aanvragen van een patent gebruiken bij het nagaan van de verspreiding van een technologie over landen heen.

Ten zevende is patentdata een goede bron van innovatie-initiatiefnemers en van netwerken van innovators. Onderzoekers kunnen de identiteit en land van herkomst van de uitvinder en de aanvrager¹¹ achterhalen door het patent te inspecteren. Deze informatie maakt het voor onderzoekers mogelijk om de bronnen van innovatie te achterhalen in termen van patenterende organisaties. Voor een gegeven technologie, of een IPC sectie, kan men dan het aandeel van patenten aangevraagd door privé bedrijven, universiteiten en publieke laboratoria onderzoeken. Sommige onderzoeken focussen zich op gezamenlijke patentaanvragen om op die manier samenwerkingsverbanden en netwerken van innovators te achterhalen (zie bijvoorbeeld Yarime (2005)). Ook in dit onderzoek wordt er gekeken of samenwerkingsverbanden bij uitvinders een verschil kan betekenen in prestaties.

Ten achtste kan het belang van een uitvinding worden achterhaald door de analyse van een patent. Belangrijke patenten worden meer geciteerd dan minder belangrijke. Het duurt

¹¹ De aanvrager is diegene die de wettelijke rechten van het patent bezit.

uiteraard wel een tijdje vooraleer een patent geciteerd zal worden. Dit heeft tot gevolg dat oude patenten meer kans hebben om geciteerd te worden dan nieuwe patenten. Een tweede manier om het belang van een patent te achterhalen is door het laten nakijken van een patent door een expert.

Tot slot kan patentdata een indicatie geven van technische spillovers en de mate van het gerelateerd zijn van kennis. Verschillende methodologieën zijn ontworpen om de relaties tussen technologische velden te weerspiegelen en om gepaste maatstaven voor kennis spillovers te vinden. Ook verschillende methodologieën op basis van patenten zijn hiervoor ontworpen (zie Scherer (1982), Jaffe (1986), Engelsman en van Raan (1992), Blazsek en Escribano (2010) en vele anderen). Volgens Jaffe et al. (1993) betekent een verwijzing (citatie) naar een vorig patent dat de kennis in dat patent nuttig is op de een of andere manier in het ontwikkelen van nieuwe kennis van het citerende patent. Voor een gegeven technologie, kan een reeks patenten en de citaties bekeken worden als een netwerk van ideeën en de mate waarin ze gerelateerd zijn. We komen in het volgende deel terug op spillovers.

1.4.3 De voor- en nadelen van patentdata

In het boek 'OECD Patent statistics manual' (OECD, 2009) worden er een aantal positieve punten van patentdata opgelijst:

Ten eerste dekt patentdata een breed bereik van technologieën voor dewelke er soms niet veel andere bronnen beschikbaar zijn (bijvoorbeeld nanotechnologie).

Ze stellen verder nog dat patenten een gesloten link hebben tot uitvindingen. De meest significante uitvindingen van bedrijven worden gepatenteerd. Wanneer er zo dadelijk naar

de negatieve kanten van patentdata gekeken zal worden, wordt het duidelijk dat niet iedereen deze mening deelt.

Een ander voordeel, en daar is o.a. ook Griliches (1990) het mee eens, is dat elk patentdocument gedetailleerde informatie bevat: een (redelijk) complete beschrijving van de uitvinding, het technologisch gebied in kwestie, de uitvinders (naam, adres), de aanvrager (eigenaar), citaties naar voorgaande patenten en wetenschappelijke artikels, etc. Al deze data verzameld van alle patenten wereldwijd geeft unieke informatie over de voortgang van uitvindingen. Verder ontbreekt wel de informatie van sectorcode van elk patent. Dit is handig wanneer men, zoals in dit onderzoek, op sectorniveau iets wil nagaan en daarbij gebruik wil maken van patenten. Hierbij is het niet genoeg om te weten in welk technologisch gebied een bepaalde technologie zich situeert. Volgens Jaffe (1986) is dat een van de redenen waarom velen patenten als minder economisch waardevol zien.

Patentdata is verder ook wijd beschikbaar. Men kan ze terug vinden voor bijna alle landen in de wereld (Griliches, 1990). In tegenstelling tot data van enquêtes is patentdata gemakkelijk te gebruiken. Het behoeft geen extra bewerkingen omdat deze al door het patentbureau zijn verzameld om te kunnen verwerken.

Ook al bevatten patenten een rijkdom aan informatie, het gebruik van patenten als een indicator van innovatie brengt ook negatieve punten met zich mee. Men moet zich bewust zijn van deze negatieve punten vooraleer men patenten gebruikt in een onderzoek (Oltra & Kemp, 2008).

Allereerst kan men stellen dat veel innovaties nooit gepatenteerd worden (Acs & Audretsch, 1989; OECD, 2005; Griliches, 1990; OECD, 2009). Dit omwille van twee mogelijke redenen: Sommige innovaties kunnen niet gepatenteerd worden omdat deze niet aan de voorwaarden voldoen. In andere gevallen beslist het bedrijf dat het

beter/voordeliger is om de innovatie niet te patenteren omdat, naar hun mening, een patent in dat geval niet de meest efficiënte manier is om de innovatie te beschermen en zich alle voordelen ervan toe te eigenen (Oltra & Kemp, 2008; OECD, 1990). Zo toonde Levin et al. (1987) aan dat bedrijven geheimhouding, levertijd en leereffecten als de meest efficiënte manier van het beschermen van hun innovaties naar voren schoven.

De hoofdbeperkingen van patenten die werden ervaren door de bedrijven zijn: de mogelijkheid om te innoveren "rond" het patent, het feit dat sommige innovaties maar deels gepatenteerd kunnen worden en de vereiste gedetailleerde beschrijving van de gepatenteerde uitvinding. Dit heeft als gevolg dat maar een klein deel van de innovaties, effectief gepatenteerd worden (zoals ook te zien was in het deel over 'Patenteren of niet patenteren?'). In 2000 onderzochten Cohen et al. of er verandering was gekomen in de mening omtrent patenteren bij bedrijven. Ze vonden dat grote bedrijven wat meer vertrouwden op patenten, in vergelijking met het onderzoek van Levin. Geheimhouding werd als belangrijker beschouwd als middel om innovaties te beschermen.

Een ander nadeel van patenten is dat bedrijven meer geneigd zijn hun uitvinding of onderzoek te patenteren als het gaat over nieuwe producten in tegenstelling tot nieuwe processen. De reden hiervoor is dat producten openbaar beschikbaar zijn op de markt. Dit is niet het geval bij een proces en dus is de kans dat de technologie van een proces "gestolen" wordt, veel kleiner (Popp, 2005). In dat opzicht kunnen we dus een kleine bias naar producten verwachten in patentdata.

Verder zijn er grote sectorale verschillen in het aantal patenten (Hall, 2011; Cohen, Nelson en Walsh, 2000; Mäkinen, 2007) en verschillen in technologische velden (bijvoorbeeld halfgeleiders) (OECD, 2009; Acs en Audretsch, 1989). Sectoren zoals bijvoorbeeld de farmaceutische industrie maken hevig gebruik van patenten terwijl andere bitterweinig

gebruik maken hiervan (Hall, 2011). Dit zal later in de beschrijving van de data ook duidelijk worden.

Bedrijven in een bepaalde sector of technologisch veld kunnen ook de tactiek hebben om een heel deel incrementele variaties op een innovatie te bedenken om zo het toetreden van nieuwe concurrenten in de markt te voorkomen en om '*cross-licensing*¹² deals' te onderhandelen met concurrenten. Ten gevolge van deze zogenaamde "patent flooding" strategy, hebben sommige technische velden een groter aantal patenten dan anderen. Op bedrijfsniveau is er ook een verschil: nieuwe of kleine en middelgrote bedrijven (KMO's) – vooral diegene die productie op grote schaal missen – hebben het moeilijker om de kosten van een patent te dekken. (OECD, 2009)

Verschillende studies hebben aangetoond dat de waarde-verdeling van patenten uiterst scheef is. Veel patenten hebben geen industriële toepassing (en zijn dus van geen waarde voor de maatschappij), terwijl er een aantal een hele hoge waarde hebben (OECD, 2009; Griliches 1990). Hall (2011) beschrijft dit als volgt: patentdata hebben per definitie veel te maken met 'ruis': een aantal patenten zijn patenten voor zeer waardevolle uitvindingen terwijl de meeste een uitvinding beschrijven die maar weinig waarde bezit. Dit probleem kan echter wel opgelost worden door middel van het toekennen van een gewicht aan patenten op basis van het aantal citaties of door de analyse te doen op een groep van patenten met gelijkaardige waarde (OECD, 2009).

¹² Shapiro (2001, p. 127) beschrijft cross-licensing deals als volgt: Cross-licensing deals worden voornamelijk onderhandeld wanneer elk van de twee bedrijven patenten bezit die de ander kan inkijken. In plaats van trachten te voorkomen dat de ander gebruikt maakt ervan, en om die reden eventueel naar de rechtbank stappen, beslissen ze om een deal te sluiten waarbij ze elkaars technologie mogen gebruiken.

Verder geeft Griliches (1990) aan dat het toewijzen van een patent naar een bepaalde sector of technologisch veld niet zonder problemen verloopt. Willen we een uitvinding toewijzen aan de sector waar deze uit voortkomt, de sector die de uitvinding waarschijnlijk gaat produceren of de sector die het eindproduct of proces zal gebruiken en daardoor zijn productiviteit ziet stijgen? Hier wordt later nog dieper op ingegaan.

Tot slot kan het door de verschillen in wetgevingen in de wereld moeilijk zijn om patentstatistieken te vergelijken tussen verschillende landen. Daarom is het aan te raden om patentdata te gebruiken dat van één patentbureau komt. Veranderingen in patentwetten in één land doorheen de jaren kan ook roet in het eten gooien wanneer men een analyse wil doen over verschillende jaren heen. Griliches (1990) geeft echter wel aan dat deze traag lijken te veranderen en dus niet altijd probleem vormt. (OECD, 2009)

1.5 De relatie tussen R&D en patenten

Aangezien R&D een inputmaatstaf is voor innovatie en patenten een outputmaatstaf, kan men verwachten dat er een relatie bestaat tussen deze twee. Pakes en Griliches stellen in 1980 dat er inderdaad een statistisch significant verband bestaat tussen R&D uitgaven en het aantal patenten dat een bedrijf aanvraagt en ontvangt: Hoe meer R&D men verricht, hoe groter het aantal patenten.

Griliches (1990) geeft echter wel verschillen aan tussen bedrijven van verschillende groottes. Zo lijken kleine bedrijven meer efficiënt te zijn door het feit dat ze een groter aantal patenten ontvangen per uitgegeven R&D dollar. Dit kan zijn omwille van het feit dat kleinere bedrijven minder aan formele R&D doen: ze geven in mindere mate aan hoeveel ze effectief spenderen aan R&D en zo lijkt het dus dat ze meer patenten aanvragen per (gerapporteerde) R&D dollar. Verder kan het ook zijn dat het bezitten van een patent belangrijker is voor een klein bedrijf dan voor een groter, meer gevestigd bedrijf. Kleine

bedrijven vestigen hun hoop meer op patenten in het bereiken van succes. Een welgevestigd bedrijf hangt niet in die mate af van patenten om zijn marktpositie te behouden en is dus minder geneigd om een patent aan te vragen. Dit betekent dat wanneer zowel het klein als het groot bedrijf evenveel uitvindingen hebben gedaan, het klein bedrijf meer geneigd is om patenten hiervoor aan te vragen.

1.6 Spillovers

Kennis spillovers¹³ dragen bij tot de maatschappij door economische groei te versterken (Romer P. , 1990). Om hier verder op in te kunnen gaan, dient er eerst duidelijk gemaakt te worden wat een spillover is.

Een spillover vindt plaats wanneer het ontvangend bedrijf de kennis van het bedrijf van oorsprong¹⁴ gebruikt in zijn eigen innovatieve bezigheden (Griliches Z. , 1992). Of nog: spillovers vinden plaats wanneer een innovatie of verbetering, geïmplementeerd door een bepaald bedrijf (het bedrijf van oorsprong), de prestaties van een ander bedrijf (het ontvangend bedrijf) verhoogt, zonder dat dit (ontvangend) bedrijf daarvoor een (volledige) vergoeding betaalt (Van Stel & Nieuwenhuijsen, 2004). Blazsek en Escibano (p. 14, 2010) koppelen hun definitie aan productiviteit: Een (R&D) spillover vindt plaats wanneer een innovatie geproduceerd door één bedrijf de productiviteit van een ander bedrijf verhoogt. Kennis dat van het bedrijf van oorsprong komt, kan dus zonder (veel) kosten gebruikt worden door ontvangende bedrijven. Op die manier worden de kosten van innovatie bij de ontvangende bedrijven geminimaliseerd (Arrow, 1962).

¹³ Wanneer er in dit onderzoek verwezen wordt naar spillovers, wordt er altijd kennis spillovers bedoeld, tenzij anders aangeduid. Er bestaan namelijk meerdere soorten spillovers: netwerk spillovers, markt spillovers en kennis spillovers (Van Stel & Nieuwenhuijsen, 2004) en rent spillovers (Griliches, 1979).

¹⁴ Het bedrijf dat de kennis in de eerste plaats heeft gegenereerd.

Yang et al. (2010) geven een concreet voorbeeld: Begin jaren '80 begonnen wetenschappers van Eastman Kodak hun baanbrekend onderzoek omtrent een molecule die uiteindelijk leidde tot de *core* innovatie van Kodak in organische licht-uitzende diode (organic light-emitting diode, OLED) technologie in 1985. Tijdens de volgende 15 jaar, gebruikten meer dan 30 andere bedrijven, waaronder Sony en Xerox, Kodak's bevindingen door het combineren van deze bevindingen met complementaire kennis om met additionele innovaties op de proppen te komen.

Doordat bedrijven voordelen uit elkaars uitvindingen en ideeën kunnen halen, kan een economie zelfs groeien in het geval dat de inputs, arbeid en kapitaal, aan hun maxima zitten. Met andere woorden: spillovers verklaren een deel van het fenomeen dat economieën sneller groeien dan verwacht kan worden op basis van arbeids- en kapitaals-inputgroei (Van Stel & Nieuwenhuijsen, 2004).

Men kan drie soorten kennis spillovers onderscheiden (Blazsek & Escibano, 2010):

- Intra-industrie spillovers
- Inter-industrie spillovers
- Interne spillovers

Intra- en inter-industrie spillovers zijn spillovers die plaatsvinden, respectievelijk, binnen dezelfde sector en tussen verschillende sectoren. Interne spillovers daarentegen zijn spillovers die plaatsvinden binnen hetzelfde bedrijf. Deze geven aan in welke mate de huidige 'productie' van kennis is gebaseerd op vroeger onderzoek van dat bedrijf. Interne spillovers worden dan ook 'bedrijfsspecifiek leren' of 'zelf-leren' genoemd (Fung, 2005).

Daar kennis deels een publiek¹⁵ goed is, ligt het plaatsvinden van kennis spillovers buiten de controle van het bedrijf van oorsprong (Arrow, 1962; Mansfield, 1985; Caballero & Jaffe, 1993; en Yang et al. , 2010) en zijn deze spillovers grotendeels onoverkomelijk (Mansfield, 1985). De publieke voorraad van kennis die zich opbouwt door middel van de spillovers van vorige uitvindingen, fungeert als een fundamentele input in de technologie om nieuwe ideeën te genereren (Caballero & Jaffe, 1993). In het proces van de creatie van nieuwe goederen, vertrouwen en bouwen uitvinders op de inzichten van voorgaande ideeën. Fung (2005) verwoordt dit als volgt: De niet-rivaliserende natuur van kennis creëert de mogelijkheid tot het 'overspillen' van kennis, waarbij de investering in innovatie door één partij externe voordelen biedt door het vergemakkelijken van innovaties bij andere partijen. Externe inputs (bijvoorbeeld in de vorm van spillovers) kunnen dus de productiviteit van 'in-house' initiatieven van bedrijven verhogen (Mackun en Macpherson, 1997; Peri, 2002).

De voordelen die worden gegenereerd door spillovers hangen af van de technologische verschillen tussen bedrijven, de verschillen in know-how en het absorptievermogen van het imitatorbedrijf (Fung, 2005). Absorptievermogen wordt door Cohen en Levintahl (1990) gedefinieerd als het vermogen om externe kennis te herkennen en te gebruiken. Escribano et al. (2009) stellen dat bedrijven met hogere levels van absorptievermogen erin slagen om efficiënter met externe kennisstromen om te gaan en zo innovatieoutput meer te stimuleren. Bedrijven kunnen hun absorptievermogen versterken door te investeren in hun eigen R&D activiteiten. We kunnen dus stellen dat de invloed van kennis spillovers op een bedrijf afhankelijk is van hun eigen investeringen in R&D (Fung, 2005).

¹⁵ Omdat kennis een publiek goed is, kunnen we stellen dat de sociale voordelen van het genereren van kennis hoger is dan de private voordelen ervan (Döring & Schnellenbach, 2006).

Verder kan men wel stellen dat er een verschil is tussen leiders en volgers: Verbeteringen in technologieën geven de 'vernieuwer' (innovator) een competitief voordeel, terwijl spillovers een *business-stealing* effect teweeg brengen door het verlagen van de kost voor navolgende innovaties. Technologievolgers zullen dus een grotere incentive hebben dan de leiders om inventieve inspanningen op de achtergrond te schuiven ten voordele van kennis spillovers. (Fung, 2005)

Desalniettemin moeten er 'informatieele barrières', die de grenzen van het bedrijf afbakenen, overwonnen worden om spillovers om te buigen tot innovatieve inspanningen. Deze barrières zorgen voor tijdsvertragingen (time lags) in het opnemen van technologieën (Blazsek & Escribano, 2010). Een analytisch model, ontwikkeld door Aghion et al. (1995) stelt dat achterblijvers (laggards) een stap-voor-stap proces moeten doorlopen om de technologieën van de leider over te kunnen nemen. Nabseth en Ray (1974) en Rogers (1983) vinden dat het een decennium lang kan duren vooraleer sommige bedrijven een nieuwe technologie opnemen die ontwikkeld is door anderen (Fung, 2005). Ook Caballero en Jaffe (1993) stellen dat het wat tijd in beslag neemt vooraleer kennis zich voldoende verspreidt om bruikbaar te zijn voor andere uitvinders. Dit heeft als gevolg dat recente kennis een beperkte invloed heeft op het genereren van nieuwe kennis. Langs de andere kant: oude kennis geraakt in onbruik door de opkomst van nieuwere en meer superieure kennis. Besluitend stellen we dat kennis spillovers slechts geleidelijk overvloeien naar concurrenten (Mansfield et al., 1981; Blazsek & Escribano, 2010).

Kennis spillovers hebben een onmiddellijk effect op de innovatieve inspanningen van een bedrijf. Wanneer het bedrijf verwacht dat zijn eigen onderzoeksresultaten niet beschermd kunnen worden en zullen 'overspillen' naar concurrenten, dan kan het bedrijf, zoals reeds vermeld, ervoor opteren om zijn inspanningen in te tomen. Spillovers hebben echter wel een positief effect op de competitiviteit van het bedrijf dat de spillovers ontvangt. Ook al

vermindert het bedrijf zijn eigen onderzoeksinspanningen, haar totale stock of knowledge kan nog altijd toenemen omwille van het feit dat deze totale stock of knowledge bestaat uit eigen onderzoeksinspanningen en het deel van de kennis van het ander bedrijf dat 'overspillt' naar het bedrijf in kwestie. (Kaiser, 2002)

Naast het uitvoeren van R&D 'in house' kan men er ook voor opteren om een samenwerkingsverband op te zetten met anderen. In de meeste theoretische modellen van samenwerking in R&D en spillovers, genereren en ontvangen bedrijven spillovers in dezelfde mate. Wanneer men veronderstelt dat er symmetrie bestaat tussen inkomende en uitgaande spillovers, sluit men op die manier de idee uit dat bedrijven zelf de informatiestromen managen. Het doel van het managen van externe informatiestromen is het maximaliseren van de inkomende spillovers van partners en non-partners terwijl men tegelijkertijd de spillovers naar non-partners beperkt. In de literatuur is de notie ontstaan dat bedrijven eerst de inkomende informatiestromen gaan managen. Eerst gaan bedrijven proberen de grootte van inkomende spillovers te vergroten door te investeren in het absorptievermogen. Cohen en Levinthal (1989) stellen dat externe kennis, zoals reeds aangehaald, effectiever is in het innovatie proces wanneer het bedrijf zich bezig houdt met zijn eigen R&D. Ten tweede, een bedrijf kan zijn inkomende spillovers verhogen door vrijwillig kennis te ruilen met partners, zoals bijvoorbeeld in een onderzoeks-joint venture het geval is. Het verhogen van de inkomende spillovers op deze manier blijkt niet alleen de winstgevendheid te verhogen maar ook de stabiliteit van de samenwerking in R&D, aangezien het de potentiële dreiging van het niet delen van kennis zwaarder maakt (Kesteloot en Veugelers, 1995; B. Curtis Eaton en Mukesh Eswaran, 1997). Tot slot beïnvloedt de keuze van de onderzoeksaanpak van het bedrijf de appropriability voorwaarden waarmee het bedrijf geconfronteerd wordt en de mate van inkomende spillovers het geniet. Een nauwere onderzoeksaanpak bevordert de appropriability maar het beperkt tegelijkertijd de bruikbaarheid van externe informatiebronnen voor zijn eigen innovatieproces (Kamien en Zang, 2000). (Cassiman & Veugelers, 2002)

Maar niet alle kennis is even toegankelijk voor een bedrijf (Jaffe, 1986). Bijvoorbeeld: een bedrijf heeft gemakkelijker toegang tot en kan gemakkelijker de kennis gebruiken die ontwikkeld is door andere bedrijven in zijn industrie in vergelijking met de kennis die ontwikkeld is door een bedrijf in een andere industrie (Henderson & Cockburn, 1996). Net zoals een bedrijf gemakkelijker kennis kan gebruiken van een groep van externe kennis, ontwikkeld door andere bedrijven die gelijkaardig technologieën nastreven (Jaffe, 1986) of wanneer het bedrijf zich in dezelfde geografische regio bevindt (Jaffe et al., 1993) (Yang et al., 2010). Spillovers van bepaalde groepen of oorsprongen, kunnen dus gemakkelijker plaatsvinden dan van anderen.

Spillovers hoeven niet te stoppen bij het ontvangend bedrijf: Onderzoekers en ingenieurs zijn vaak emotioneel en intellectueel gehecht aan hun werk en houden actief in de gaten hoe hun ideeën zich verspreiden en worden uitgebreid door anderen (Garud & Rappa, 1994). Dit heeft tot gevolg dat bedrijven van oorsprong en hun uitvinders vaak inventieve inspanningen van andere organisaties volgen – inclusief diegene die falen – via sociale netwerken, technische publicaties, conferenties, patentaanvragen en anderen (Appleyard 1996; Henderson & Clark, 1990). Deze kanalen vergemakkelijken zowel de kennisstroom van 'originator to recipient' als de kennisstroom terug naar de originator wanneer de recipient de spillover heeft gecombineerd met andere kennis (Yang et al., 2010). Dit wil dus zeggen dat spillovers niet alleen voordelig kunnen zijn voor het ontvangend bedrijf, maar ook voor het bedrijf van oorsprong.

1.6.1 Hoe spillovers meten?

De analyse van spillovers is een complexe zaak aangezien deze (deels) niet waarneembaar is. Voorgaande studies hebben vooral maatstaven aan de inputkant gebruikt (R&D uitgaven) of proxies van de outputkant (aantal patenten) van innovatieve activiteit

(Blazsek & Escribano, 2010). Men gaat dus eigenlijk op zoek naar proxies voor spillovers omdat deze niet rechtstreeks gemeten kunnen worden (Kaiser, 2002).

Kaiser (2002) overloopt de verschillende mogelijkheden om spillovers te meten:

Een eerste manier om spillovers te meten is door gebruik te maken van patentcitatie data. Ook Blazsek en Escribano (2010) geven aan dat men spillovers kan meten door het bestuderen van de intensiteit van 'citations' (zowel backward als forward citations)¹⁶. Een ander voordeel van citaties is, zoals reeds aangegeven, dat je ook kan zien welke patenten het meest waardevol zijn, namelijk diegene met de meeste citaties. Citaties houden echter geen rekening met 'non-codified' kennis en kennis¹⁷ die in het intellect van mensen vastzit. Dit kan een probleem vormen aangezien deze een belangrijke bron kunnen zijn van (gelokaliseerde) spillovers (Bottazzi & Peri, 2002).

Vervolgens kan men ook rekening houden met het aantal wetenschappers in een bedrijf, meer bepaald kijken naar het aandeel van wetenschappers ten opzichte van het totaal personeel. Kaiser verwijst naar de redenering van Adams (1990) die stelt dat de kennisvoorraad van een industrie wordt gegenereerd door wetenschappelijk personeel dat op de hoogte is van wetenschappelijke ontwikkelingen. Wanneer bedrijf *a* en bedrijf *b* beide een groot aantal wetenschappers tewerkstelt, dan wordt er verondersteld dat ze in dezelfde mate kunnen profiteren van de technologische vooruitgang bereikt in een economie.

¹⁶ Marco (2006) beschrijft backwards citations als citaties naar eerder uitgegeven patenten. Forward citations worden beschreven als het aantal citaties dat een bepaald patent ontvangt.

¹⁷ Kennis die vastzit in het intellect van mensen kan zich moeilijker verspreiden omdat deze menselijk contact noodzakelijk is (Bottazzi & Peri, 2002).

Ten derde kan er een onderscheid gemaakt worden tussen technologisch leidende bedrijven en laggards (achterblijvers). Laggards kunnen meer voordeel halen uit de 'knowledge pool' dan het gemiddeld bedrijf aangezien de kwaliteit van de totale kennisvoorraad hoger is voor hun in vergelijking met hun eigen kennisvoorraad. Men gaat dan op basis van verschillende bedrijfskarakteristieken spillovers trachten te meten.

Verder kan men ook gaan kijken naar de geografische afstanden tussen bedrijven. Het lijkt logisch dat bedrijven die dicht bij elkaar gesitueerd zijn, ook gemakkelijker een invloed van elkaar kunnen ondervinden.

Kaiser geeft als laatste aan dat er meer directe maatstaven voor kennisflows beschikbaar zijn door de toenemende toegankelijkheid tot surveydata. Hij verwijst o.a. naar Levin en Reiss (1988) en Inkmann (1998).

Tot slot: Kim et al. (2009) geven aan dat Eaton en Kortum (1996) patentaanvragen beschouwen als een direct kanaal voor mogelijke spillovers. Zoals zal blijken, is dit ook methode die in dit onderzoek gebruikt zal worden.

2 Model

Het model waarvan we vertrekken in dit onderzoek, is gebaseerd op de *growth accounting* literatuur, waarvan Solow (1957) de grondlegger is. Growth accounting is een methode om technical change te schatten. Hierbij maakt men gebruik van een neoklassieke productiefunctie, waarbij *technical change* verondersteld wordt de groei in output die niet kan verklaard worden door de groei in inputs volgens deze productiefunctie, te zijn. Het model wordt als volgt opgesteld:

- Twee factoren van productie:
 - Kapitaal: $K(t)$ (zijnde machines, gebouwen, etc.)
 - Arbeid: $N(t)$ (aantal gewerkte uren, of aantal arbeiders)
- t = tijd (in jaren)
- Technologische voortgang wordt voorgesteld door het niveau van technologie, zijnde $A(t)$

$A(t)$ zorgt ervoor dat wanneer deze groeit terwijl de hoeveelheid kapitaal, $K(t)$, en de hoeveelheid arbeid, $N(t)$, hetzelfde blijven, de output mee groeit. Er is echter een probleem: $A(t)$ kan niet rechtstreeks gemeten worden. Volgens de methode die Solow volgt, kan deze toch bepaald worden.

Het startpunt is een productiefunctie volgens Cobb-Douglas:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha N_t^{1-\alpha} \quad (1)$$

$Y(t)$ = output (de output van een bepaalde sector, uitgedrukt in productie of toegevoegde waarde)

α = een parameter tussen de waarden nul en één.

Om een vergelijking te krijgen in percentuele groei, zullen we een transformatie van deze vergelijking (1) moeten doen. Dit kan men doen door de logaritmische verschillen te nemen. Eerst maken we gebruik van volgend regeltje: $\ln(xz) = \ln(x) + \ln(z)$.

$$\ln(Y_t) = \ln(A_t) + \alpha \ln(K_t) + (1 - \alpha) \ln(N_t) \quad (2)$$

Als we veronderstellen dat $\ln(X) = x$, dan:

$$y_t = a_t + \alpha k_t + (1 - \alpha) n_t \quad (3)$$

Nu kunnen we gemakkelijk de eerste verschillen nemen (zijnde, opeenvolgende observaties van elkaar aftrekken):

$$y_t - y_{t-1} = a_t - a_{t-1} + \alpha(k_t - k_{t-1}) + (1 - \alpha)(n_t - n_{t-1}) \quad (4)$$

of

$$\Delta y_t = \Delta a_t + \alpha \Delta k_t + (1 - \alpha) \Delta n_t \quad (5)$$

waarbij $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$, etc.

Dit betekent dat groei in output gelijk is aan de groei in het niveau van technologie plus een gewogen som van de groei in kapitaal en arbeid.

Als we vergelijking (5) nu omvormen, bekommen we een vergelijking waarmee de groei van A geschat kan worden:

$$\Delta a_t = \Delta y_t - \alpha \Delta k_t - (1 - \alpha) \Delta n_t \quad (6)$$

Kim et al. (2009) gebruiken in hun onderzoek een variant¹⁸ van vergelijking (1):

¹⁸ Hun vergelijking is meer gebaseerd op theoretische modellen van bijvoorbeeld Romer (1986) en Lucas (1988).

$$Y_{it} = Ae^{\lambda t} N_{it}^{\alpha} K_{it}^{\beta} n_{it}^{\gamma} \quad (7)$$

De variabele n verwijst hier naar het aantal intermediaire goederen. Kim et al. geven ook nog aan dat deze een indicator kunnen zijn voor het kwaliteitsniveau. De elementen met betrekking tot het technologie niveau zijn hier lichtjes anders dan bij het model van Solow. De exponent λ meet de technologiegroei en A is een constante term die naar het initieel niveau van technologie verwijst. Naast subscript t hebben we hier ook een subscript i . Dit subscript staat voor *sector*.

Wanneer we te maken hebben met *constant returns to scale* van arbeid en kapitaal, zal de situatie hetzelfde zijn als in het model van Solow. Dit wil zeggen dat α en β samen 1 zijn. Maar aangezien er hier intermediaire producten, n , zijn, spreken we hier van *increasing returns to scale*. Hier geldt de beperking dat α en β dus niet samen 1 moeten zijn.

In verband met deze intermediaire producten hanteren Kim et al. (2009) de volgende redenering: Intermediaire goederen worden ontwikkeld en verbeterd door toegang tot de bestaande kennis stock. Dit wil zeggen dat wanneer deze kennis stock vergroot, nieuwe intermediaire goederen ontwikkeld zullen worden of dat de kwaliteit van de intermediaire goederen verbeterd zal worden. Aangezien de intermediaire goederen dus gerelateerd zijn aan kennis, kunnen deze ook gerelateerd worden aan een output van kennis, namelijk patenten. Daarom:

$$n = f(R), \quad f' > 0 \quad (8)$$

n is dus een functie van het aantal patenten, R . Ter vereenvoudiging, nemen we $n = R$. Vergelijking (7) wordt dan:

$$Y_{it} = Ae^{\lambda t} N_{it}^{\alpha} K_{it}^{\beta} R_{it}^{\gamma} \quad (9)$$

Met dezelfde redenering als bij Solow, vormen ze de vergelijking om tot:

$$\ln(Y_{it}) = \ln(A_{it}) + \lambda_t + \alpha \ln(N_{it}) + \beta \ln(K_{it}) + \ln \gamma R_{it} \quad (10)$$

Total Factor Productivity (vanaf nu TFP), gedefinieerd als het residu tussen output en input van arbeid en kapitaal, wordt voorgesteld door F in volgende vergelijking:

$$\ln(F_{it}) = \ln(Y_{it}) - \alpha \ln(N_{it}) - \beta \ln(K_{it}) \quad (11)$$

Wanneer we vergelijking (10) en (11) samenvoegen, bekomen we een relatie¹⁹ tussen TFP en de hoeveelheid patenten:

$$\ln F_{it} = \ln A_{it} + \lambda_t + \ln \gamma R_{it} \quad (12)$$

De coëfficiënt γ is de elasticiteit van TFP met betrekking tot kennis. Deze toont hoe sterk patenten, de proxy variabele voor kennis, bijdraagt aan productiviteit (TFP).

¹⁹ Let wel, deze relatie staat uitgedrukt in levels en niet in procentuele groei zoals bij de vergelijking van Solow.

3 Data

De dataset die wij voorhanden hebben in dit onderzoek, bevat data over patentaanvragen van Belgische bedrijven van de periode 1990 tot en met 2007. Deze heb ik via mijn promotor, prof. dr. Vancauterem, verkregen en is afkomstig van het octrooicentrum in Nederland.

Voor elke patentaanvraag wordt er volgende informatie weergegeven:

- Het jaar waarin het patent is aangevraagd;
- Het jaar waarin, indien van toepassing, het patent is goedgekeurd;
- De naam en het adres van het aanvragend bedrijf of de aanvragende particulier;
- De IPC code²⁰: Meer uitleg hierover zie het deel van patenten in de literatuurstudie.
- Het publicatienummer: hier wordt ook duidelijk gemaakt of het patent op Europees niveau is aangevraagd of op niveau van de Verenigde Staten van Amerika (bijvoorbeeld EP0436481 is op Europees niveau en USD538105S is op niveau van de Verenigde Staten);
- De precieze datum van aanvraag;
- De uitvinders van de technologie in kwestie;
- De titel van het patent;
- De citaties.

²⁰ Ter herinnering: Het 'International Patent Classification' systeem voorziet een hiërarchisch systeem van symbolen, onafhankelijk van taal, voor de classificatie van patenten en nutsmodellen volgens de verschillende technologische gebieden tot dewelke zij behoren. (Definitie gehaald op: <http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>)

De patenten zullen in dit onderzoek worden toegewezen naar hun jaar van aanvraag en niet naar het jaar wanneer de aanvraag is goedgekeurd. Dit omwille van verschillende redenen. Ten eerste wordt niet elk patent in de dataset goedgekeurd. Verder lijkt het logisch dat het jaar van een patentaanvraag dichter bij de uitvinding van de technologie staat dan het jaar van goedkeuring. En dit is hetgeen we uiteraard willen behouden. Hall, Jaffe en Trajtenberg, (2001) stellen ook dat deze jaartallen (zijnde het jaar van aanvraag) altijd dienen gebruikt te worden, indien beschikbaar. Indien er zou gewerkt worden met jaar van goedkeuring dan zou men ook met het probleem zitten dat een deel van de patenten die worden aangevraagd niet worden opgenomen in de analyse omdat deze nooit worden goedgekeurd. Op die manier zou men een hoop informatie kunnen missen.

Een eerste onderscheid dat dient gemaakt te worden, is tussen het aantal patenten dat is aangevraagd op Europees niveau en het aantal patenten dat is aangevraagd op Amerikaans niveau. We zien dat 79% van de patenten aangevraagd zijn op Europees niveau. Aangezien dit onderzoek zich richt op bedrijven in België, is het niet verbazingwekkend dat de patenten vooral zijn aangevraagd op Europees niveau. Een bedrijf vraagt een patent aan in het gebied waar hij de technologie wenst op de markt te brengen (Kim, Maskus, & Oh, 2009).

Men moet hier wel bemerken dat er geen enkele overlap is van technologieën die zowel gepatenteerd zijn op Europees niveau als op niveau van de VS. Het octrooicentrum van Nederland heeft er expliciet voor gezorgd dat elke patentaanvraag in de dataset uniek is. We moeten ons hier dus geen zorgen om maken.

Verder kan er een onderscheid gemaakt worden tussen patenten aangevraagd door particulieren en patenten aangevraagd door bedrijven. Wanneer we het totaal van ons databestand bekijken (17248 patent), zien we volgend onderscheid tussen particulieren en bedrijven:

Tabel 1: Onderscheid particulieren en bedrijven

	Bedrijven	Particulieren
Aantal	16003	1245
%	92,78%	7,22%

De patenten die aangevraagd zijn door particulieren worden uit de dataset verwijderd. Dit omwille van het feit dat het onderzoek zich op sectorniveau afspeelt. Het is natuurlijk onmogelijk om particulieren in te delen aan de hand van sectoren. We zien dus dat er 16003 patenten overblijven.

In verband met de data over productiviteit (TFP) wordt er gewerkt met de EU Klems database. Voor België zijn er geen gegevens beschikbaar voor 2007. Dit wil zeggen dat we voor dit onderzoek de patenten aangevraagd in 2007, ook zullen moeten verwijderen uit de dataset. We houden nu 15166 patenten over.

Omwille van het feit dat er per patent wordt aangegeven wie de uitvinders zijn en welk hun nationaliteit is, kunnen de patenten ook opgesplitst worden in verschillende groepen, afhankelijk van de nationaliteit van hun uitvinders. Er wordt hier volgend onderscheid gemaakt:

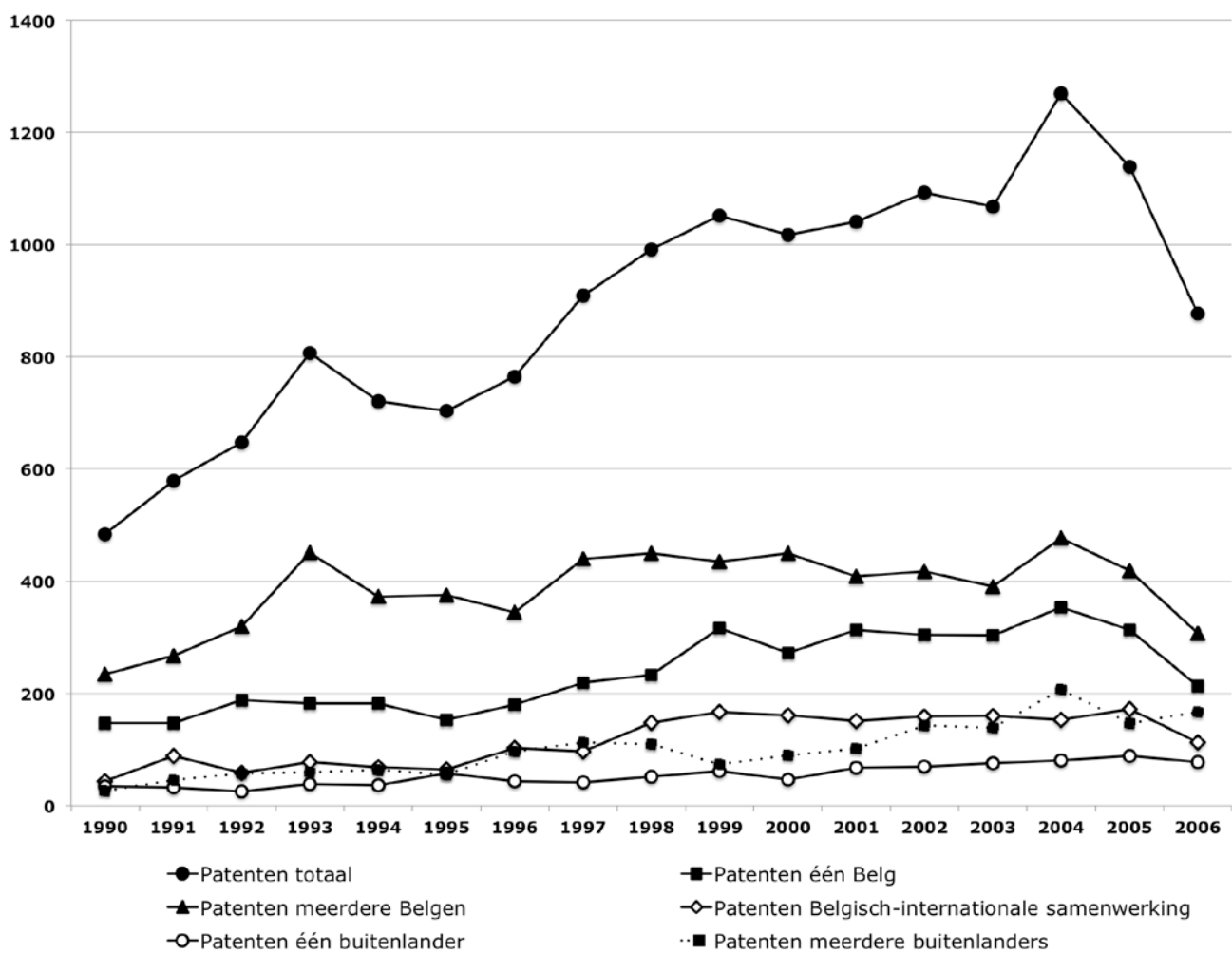
Tabel 2: Onderscheid op basis van uitvinder(s)

Afkorting	Patentaanvragen	%
PAT	Totaal aantal patentaanvragen	100%
PATB	Patentaanvragen, uitgevonden door één Belg	26,49%
PATMB	Patentaanvragen, uitgevonden door meerdere Belgen	43,24%
PATBI	Patentaanvragen, uitgevonden door een Belgisch-internationale samenwerking	13,06%
PATF	Patentaanvragen, uitgevonden door één buitenlander	6,07%
PATMF	Patentaanvragen, uitgevonden door meerdere buitenlanders	11,14%

De rechterkolom (%) van tabel 2 toont het procentuele aantal patenten per groep van uitvinders. Zo zien we dat de patenten voor technologieën uitgevonden door Belgen en meerdere Belgen bijna 70% van het totaal aantal patenten vormen. Dit is op zich niet verbazingwekkend aangezien we met een dataset zitten van Belgische bedrijven. Het lijkt dan ook logisch dat de meeste werknemers van deze bedrijven Belgen zullen zijn.

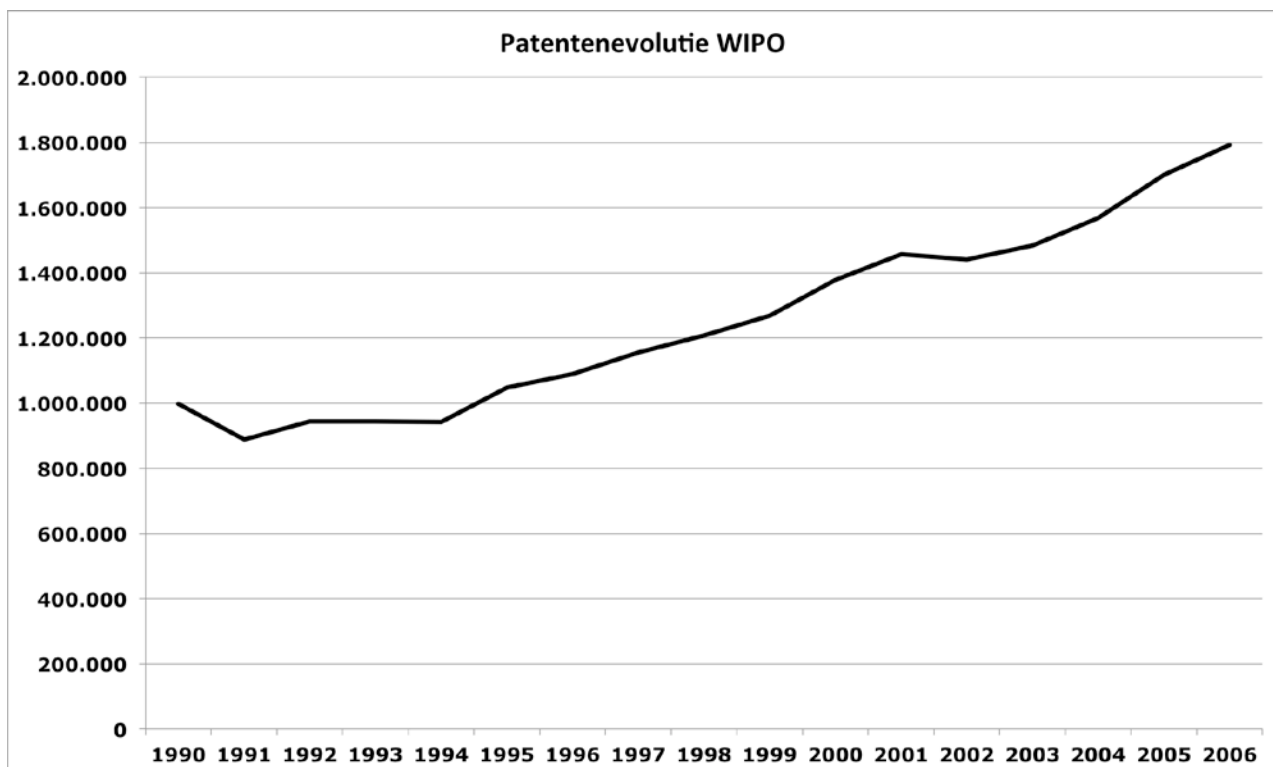
In figuur 2 ziet u een evolutie²¹ van de patentaanvragen in onze dataset doorheen de jaren. In deze figuur wordt er naast de evolutie van het aantal patenten van de verschillende groepen van uitvinders beschreven in tabel 2, ook de globale evolutie van de patentaanvragen weergegeven (zie 'Patenten totaal' in de grafiek, alsook PAT in tabel 2).

²¹ In tabel 1 van de bijlage, vindt u deze evolutie in absolute getallen.



Figuur 2: Evolutie van patenten, opgesplitst per groep van uitvinders

Wanneer men kijkt naar de globale evolutie van het aantal patenten, ziet men dat er zich een algemeen stijgende trend voordoet. In figuur 3 wordt de evolutie van de patentaanvragen op wereldniveau weergegeven. Dit zijn dus alle patentaanvragen over heel de wereld van 1990 tot 2006. Wanneer we figuur 2 en 3 met elkaar vergelijken, zien we dat deze tot 2004 een gelijkaardige trend volgen. Het is dus niet alleen op Belgisch niveau dat de patentaanvragen doorheen de jaren stijgen. Dit is een wereldwijd fenomeen.



Figuur 3: Evolutie van patentaanvragen, op wereldniveau

In tabel 3 wordt de gemiddelde groei van patenten per groep getoond. Er wordt hier een onderscheid gemaakt tussen de gemiddelde groei van 1990 tot 2004 en die van 1990 tot 2006. Dit omwille van de reden dat, zoals te zien in figuur 2, er vanaf 2005 een sterke daling plaatsvond. De reden voor deze daling is niet omdat er in deze laatste twee jaren effectief minder aanvragen zijn geweest. Het duurt echter even voordat alle aanvragen zijn verwerkt, goedgekeurd en bekend worden gemaakt²². Daarom zullen er een aantal patentaanvragen nog niet in de dataset zijn opgenomen. Dit wordt door Hall, Jaffe en Trajtenberg (2001) aangeduid als het 'truncation' probleem.

²² Alle onderstaande regressies zijn getest voor zowel de periode van 1990 tot 2004 als van 1990 tot 2006. Er zijn echter geen significante verschillen tussen de verschillende periodes.

Tabel 3: Gemiddelde groei patenten per groep

Groep	Gemiddelde groei (tot 2006)	Gemiddelde groei (tot 2004)
Patenten totaal	4.57%	7.60%
Patenten één Belg	3.83%	7.47%
Patenten meerdere Belgen	3.13%	6.35%
Patenten Belgisch-internationale samenwerking	11.01%	14.14%
Patenten één buitenlander	8.06%	9.39%
Patenten meerdere buitenlanders	16.31%	19.74%

Ongeacht naar welke gemiddelde groei men kijkt, het is duidelijk dat patenten aangevraagd door meerdere buitenlanders sterker in aantal groeide dan de rest van de groepen. Dit kan misschien liggen aan het feit dat men tegenwoordig meer op wereldschaal werkt (globalisering). Maar, zoals reeds gezegd, het lijkt duidelijk dat er globaal gezien een stijgende trend is in het aantal aanvragen.

Nu moeten de patenten per sector ingedeeld worden. Per patent is er echter geen sectorcode beschikbaar. Elk patent dient dus nog individueel aan een sector toegewezen te worden. Hoe kan dit opgelost worden? Er zijn verschillende mogelijkheden om een patent toe te wijzen aan een sector. Griliches (1990) stelt dat patenten een sectorcode kunnen worden toegewezen op basis van de sector waarin de technologie is ontwikkeld, de sector waarin de technologie het meest waarschijnlijk geproduceerd zal worden of de sector waarin de technologie gebruikt zal worden. In 'OECD patent Statistics manual' (OECD, 2009) worden er drie manieren aangegeven om een patent toe te wijzen aan een sector:

- Directe toewijzing: een expert een oordeel laten vellen tot welke sector het patent behoort.

- De sectorcode van het aanvragend bedrijf overnemen als de sectorcode van het patent.
- Gebruik van een concordantietabel: Experts stellen *a priori* een overeenkomst tussen IPC klassen en industrieën vast. Deze relaties worden dan weergegeven in een tabel.

In dit onderzoek werd er de keuze gemaakt om patenten toe te wijzen aan de sector waarin de technologie ontwikkeld is: er wordt dus gebruik gemaakt van de toewijzing van patenten naar de sectorcode van het aanvragend bedrijf. Het toewijzen gebeurt aan de hand van Nace-BEL codes op twee cijfers (de eerste twee cijfers).

Ten eerste hebben we voor elk uniek bedrijf (1854 bedrijven) via de Kruispuntbank van Ondernemingen de sectorcodes handmatig opgezocht. Al gauw bleek dat er geen unieke code²³ per bedrijf bestond. Maar wegens een gebrek aan een oplossing raadde de verantwoordelijke van de Kruispuntbank mij aan om de eerste sectorcode te nemen die verscheen op de pagina van het desbetreffend bedrijf. Verder waren er ook een aantal bedrijven waarvoor er geen sectorcode beschikbaar was. Deze zijn hoogstwaarschijnlijk bedrijven die in de loop van de tijdspanne onze dataset failliet zijn gegaan en dus niet meer in de Kruispuntbank terug te vinden zijn. De Kruispuntbank verwijderd namelijk alle gegevens van bedrijven die over kop zijn gegaan.

Niet helemaal tevreden zijnde met dit resultaat, ben ik uiteindelijk bij de Balanscentrale van de Nationale Bank van België terecht gekomen. Antoon Lenaert kon mij wel per bedrijf een unieke sectorcode verschaffen. Ook beschikte hij over de sectorcodes van de bedrijven waarvoor ik eerst geen sectorcodes vond in de Kruispuntbank van Ondernemingen.

²³ Een telefonisch onderhoud met de verantwoordelijke van de Kruispuntbank bevestigde dit.

Na het toewijzen van de patenten naar sectoren, kan er een overzicht gemaakt worden zoals in tabel 4: Hier kan men het aandeel van output (zijnde gross output) en patenten per industrie zien in 2006. De data van de gross output komt uit de EU Klems database. In totaal blijken er 28 verschillende sectoren in onze dataset te zijn maar om het overzichtelijk te houden werd alles opgedeeld in 13 groepen in plaats van alle 28 sectoren. De laatste groep, groep 13 'Andere sectoren', bevat zowel sectoren zonder patenten als sectoren die ieder minder dan 1% van het totaal aantal patenten bezit. Bij de analyses worden de individuele sectoren echter wel behouden.

Uit deze tabel kan er nu worden achterhaald welke de patent-intensieve sectoren in België zijn. Patent-intensieve sectoren zijn sectoren waarbij het aandeel van het aantal aangevraagde patenten (ten opzichte van het totaal) groter is dan het aandeel in de output van de Belgische economie (Kim et al., 2009). Wanneer we ons strikt aan deze definitie houden, zijn er acht²⁴ patent-intensieve sectoren in België. Wij zullen echter de definitie een beetje aanpassen en bekomen zes patent-intensieve sectoren. Uiteraard vallen onze zes sectoren ook onder de strikte definitie van patent-intensieve sectoren. In ons geval, vallen de sectoren die meer dan 10% van het aantal patenten hebben, *de facto* in deze groep. Verder kijken we naar een patenten – output ratio die groter is dan 4 wanneer het aantal patenten kleiner is dan 10% van het totaal aantal.

²⁴ Sectornummers: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12

Tabel 4: Output- en patentratio's per sector (in percentages ten opzichte van het totaal)

Sector nummer	Sector titel	Totaal output	Patenten door één Belg	Patenten door meerdere Belgen	Patenten door Belgisch-internationale samenwerking	Patenten door één buitenlander	Patenten door meerdere buitenlanders	Totaal patenten
1	Chemicaliën en chemische producten	5,12%	17,67%	37,04%	36,57%	13,91%	33,37%	30,03%
2	Rubbers en plasticen	0,87%	4,08%	4,12%	3,74%	3,04%	1,42%	3,69%
3	Andere niet-metalen mineralen	1,10%	2,59%	2,62%	1,92%	0,43%	1,66%	2,28%
4	Vervaardiging van machines, apparaten en werktuigen	1,53%	14,51%	6,50%	3,18%	4,35%	0,53%	7,39%
5	Groothandel en handelsbemiddeling²⁵	5,93%	11,75%	7,09%	6,36%	30,65%	32,96%	12,54%
6	Vervaardiging van voedingsmiddelen, dranken en tabaksproducten	4,09%	1,07%	1,10%	1,31%	1,09%	0,83%	1,09%
7	Vervaardiging van metalen in primaire vorm en van producten van metaal (exclusief machines en apparaten)	5,11%	4,90%	4,53%	3,84%	4,67%	2,13%	4,28%
8	Vervaardiging van informaticaproducten, elektronische en optische producten en van elektrische apparatuur	1,50%	6,40%	5,99%	5,35%	8,59%	6,39%	6,22%
9	Vervaardiging en assemblage van motorvoertuigen, aanhangwagens, opleggers en andere transportmiddelen	3,30%	2,74%	1,20%	1,21%	1,09%	0,18%	1,49%
10	Andere business activiteiten²⁶	11,75%	20,18%	17,43%	22,32%	23,80%	16,04%	19,03%
11	Financiële dienstverlening ²⁷	4,82%	3,48%	3,34%	3,43%	2,07%	1,42%	3,10%
12	Onderwijs	2,98%	1,97%	6,57%	7,58%	0,65%	0,89%	4,49%
13	Andere sectoren	51,90%	8,66%	2,47%	3,18%	5,65%	2,19%	4,37%
Totaal		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Patent-intensieve sectoren		26,7%	74,59%	78,17%	77,52%	84,34%	90,71%	78,9%
Niet patent-intensieve sectoren		73,3%	25,41%	21,83%	22,48%	15,66%	9,29%	21,1%

²⁵ Met uitzondering van de handel in motorvoertuigen en motorfietsen.

²⁶ Hiertoe behoren: Rechtskundige en boekhoudkundige dienstverlening; activiteiten van hoofdkantoren; adviesbureaus op het gebied van bedrijfsbeheer; architecten en ingenieurs; technische testen en toetsen; speur- en ontwikkelingswerk op wetenschappelijk gebied; reclamewezen en marktonderzoek; overige gespecialiseerde wetenschappelijke en technische activiteiten.

²⁷ Dit is exclusief verzekeringen en pensioenfondsen, maar inclusief ondersteunende activiteiten voor deze twee.

Zo ziet men dat deze zes sectoren, die verantwoordelijk zijn voor 78,9% van het totaal aantal patentaanvragen, namelijk chemicaliën en chemische producten (1), rubbers en plasticen (2), vervaardiging van machines, apparaten en werktuigen (4), groothandel en handelsbemiddeling (5), vervaardiging van informaticaproducten, elektronische en optische producten en van elektrische apparatuur (8) en andere business activiteiten (10). Gezamenlijk vertegenwoordigen deze zes sectoren slechts 26,7% van de totale output in België. Vanaf nu zullen we naar deze zes sectoren verwijzen als de patent-intensieve sectoren.

Verder dient er bemerkt te worden dat wanneer er gekeken wordt naar het aandeel van output en patenten per industrie doorheen andere jaren, de bovenstaande vaststellingen blijven gelden: De zes patent-intensieve sectoren (of acht als je alles in rekening neemt) blijven doorheen de jaren dezelfde. Het gaat hier dus niet om een éénmalig feit en we kunnen daarom dus met zekerheid stellen dat deze de patent-intensieve sectoren zijn in België.

Een korte vergelijking met het onderzoek in Korea van Kim et al. (2009): Drie sectoren²⁸ waren daar verantwoordelijk voor 80% van het totaal aantal patenten in 1999. De sector 'Vervaardiging van machines, apparaten en werktuigen' domineerde de patentenmarkt met 45,9% van het totaal, ten opzichte van 7,39% in België. De, in België, grootste aanvrager van patenten, Chemicaliën en chemische producten, behoorde in Korea tot de top drie met 14,5% van het totaal aantal aanvragen.

²⁸ Vervaardiging van machines, apparaten en werktuigen (45,9% van de patenten), vervaardiging van informaticaproducten, elektronische en optische producten en van elektrische apparatuur (21,5%) en chemicaliën en chemische producten (14,5%).

In tabel 5 vindt men de groeicijfers van TFP en output voor de patent-intensieve en niet patent-intensieve sectoren terug. Het blijkt dus dat terwijl er toch een verschil in outputgroei bestaat tussen de twee groepen, dit voor de TFP groei, minder uitgesproken is. Beide groepen noteren eigenlijk een zeer kleine TFP groei. Dit is niet echt een bemoedigende vaststelling voor de rest van het onderzoek aangezien hier blijkt dat meer gebruik van kennis, onder de vorm van patenten, niet per se een grotere invloed betekent voor TFP groei. Later zullen we hierover uitsluitsel kunnen geven.

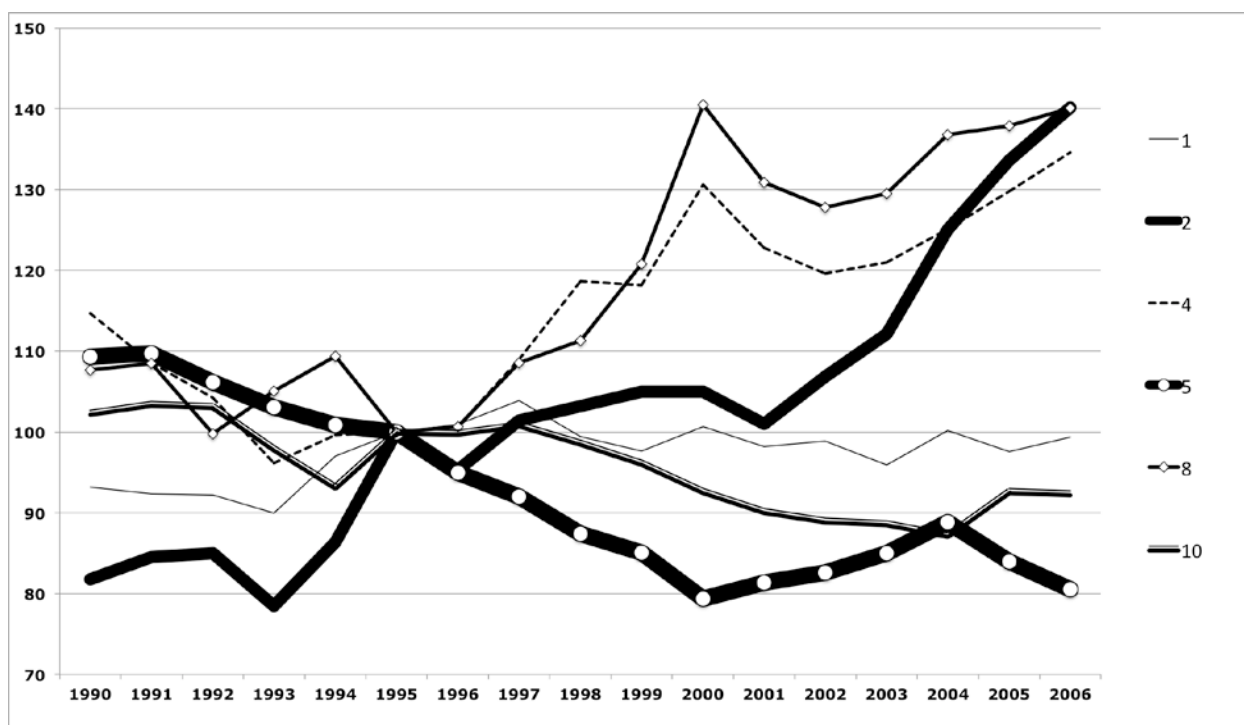
Tabel 5: Gemiddelde groei

Groei	Patent-intensief	Niet patent-intensief	Totale economie
TFP Groei	0,69%	-0,02%	-0,20%
Outputgroei	6,04%	4,57%	4,92%

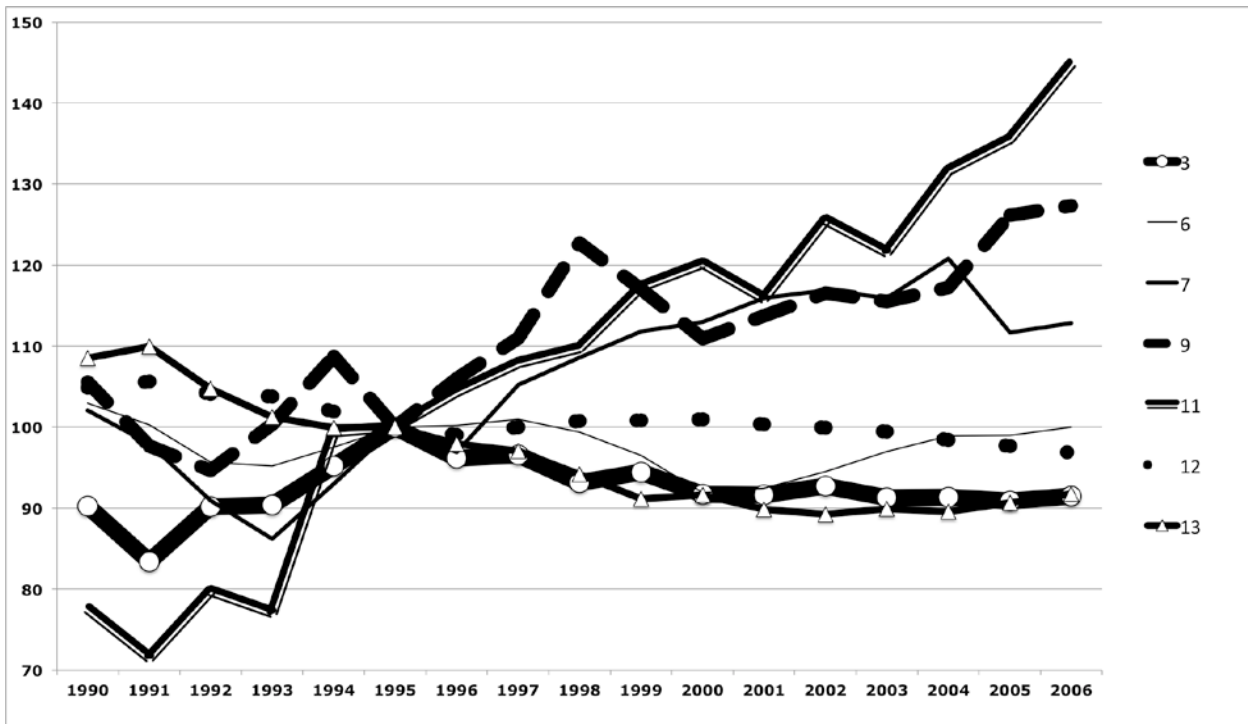
In figuur 4 en 5 worden de relatieve TFP niveaus weergegeven voor respectievelijk de patent-intensieve en niet patent-intensieve sectoren. Met relatieve niveaus²⁹ wordt het volgende bedoeld: In de EU Klems database wordt TFP ten opzicht van het niveau in 1995 weergegeven. Dit wil zeggen dat de TFP in 1995 wordt aangeduid als 100. De rest van de jaren worden ten opzichte van dit basisjaar bekeken. Dit wil niet zeggen dat opeenvolgende jaren niet met elkaar vergeleken kunnen worden. Wanneer het niveau in 2000 bijvoorbeeld 103 bedraagt en in 2001 bedraagt deze 106 dan betekent dat dit ongeveer een groei van 2,9% ($= (106 - 103) / 103$) is van 2000 naar 2001.

²⁹ Het spijtige aan deze vorm van TFP-data is dat we geen absolute TFP niveaus kunnen plotten. Dan zou het meteen duidelijk kunnen worden of bedrijven met meer patenten ook een hogere TFP noteren. We hebben echter getracht de data die we voorhanden hebben op een zo nuttig mogelijke manier voor te stellen.

De dikte van de lijnen in de figuren is in functie van de gemiddelde groei van patenten in die wel bepaalde sector. Een dikkere lijn betekent dus een hogere groei van patenten voor die sector. Aangezien algemeen gesteld wordt dat meer kennis leidt tot meer TFP, zou men kunnen verwachten dat sectoren met een hogere groei van patenten, een grotere groei van TFP noteren. Een grotere groei van TFP zien we op de figuren logischerwijze door een grotere stijging in de TFP niveaus.



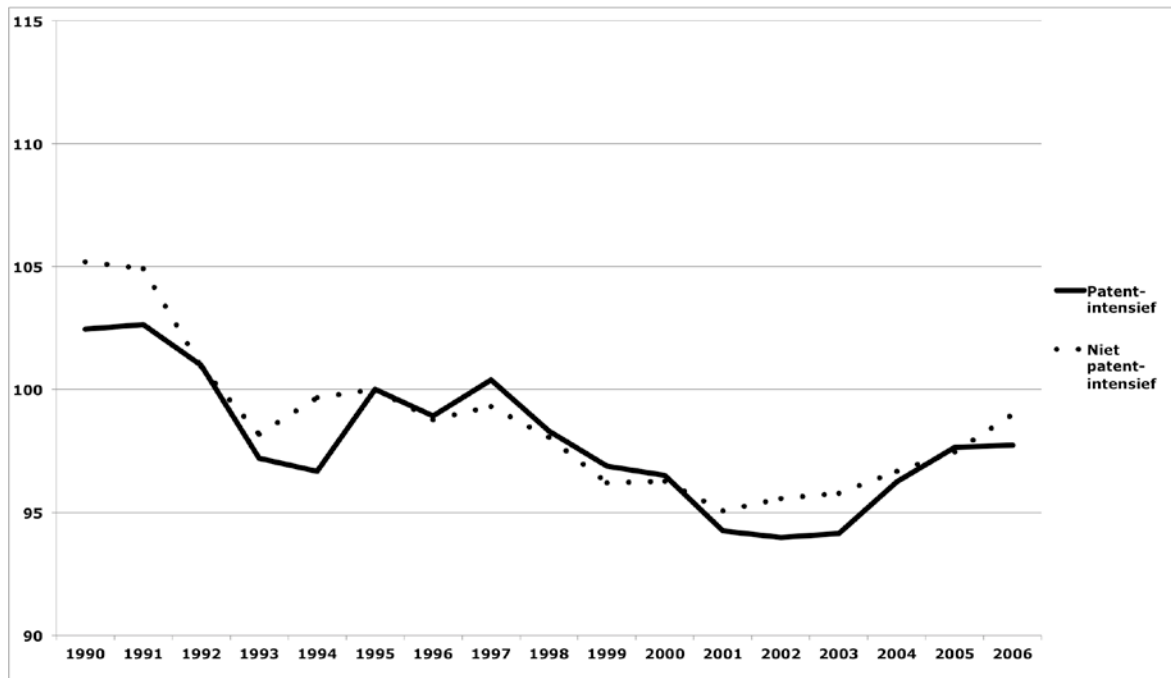
Figuur 4: TFP, patent-intensieve sectoren



Figuur 5: TFP, niet patent-intensieve sectoren

Wanneer we figuur 4 en 5 bekijken, zien we dat er ongeveer dezelfde tendensen bestaan. Een aantal sectoren in elke grafiek blijven ongeveer op hetzelfde niveau van TFP of nemen af, terwijl er andere zijn die toenemen doorheen de jaren. Op het eerste zicht, kan men dus niet echt een groot verschil waarnemen tussen patent-intensieve en niet-patent-intensieve sectoren. In figuur 4 zien we dat de sectoren met het meeste aantal patenten (zie hiervoor tabel 4), sectoren 1, 5 en 10, eerder een daling van TFP noteren. Dit ondanks het feit dat sectoren 5 en 10 toch een redelijke groei in het aantal patenten kennen. In figuur 5 zien we dat ook hier de grootste stijger in het aantal patenten er qua TFP eigenlijk op achteruit gaat. De andere twee grootste stijgers noteren wel een groei in TFP.

Om een concretere vergelijking te maken tussen patent-intensieve en niet-patent-intensieve sectoren kan u in figuur 6 de gemiddelde TFP zien doorheen de jaren:



Figuur 6: TFP, vergelijking

Om te voorkomen dat kleinere sectoren een grotere bovenhand zouden nemen bij het berekenen van deze gemiddelden, werd er per sector een gewicht toegekend op basis van hun aandeel in de gehele economie. We willen dus voorkomen dat bijvoorbeeld een kleine sector met een uitzonderlijk hoge TFP (ten opzichte van de rest) meer gaat doorwegen in de berekening van het gemiddelde en zo dus het gemiddelde verstoort.

We zien in figuur 6 dat er eigenlijk niet echt een verschil bestaat tussen de TFP-groei van patent-intensieve en niet-patent-intensieve sectoren. Maar zoals reeds gezegd, zal hier later meer over gezegd kunnen worden.

Verder creëren we nieuwe variabelen om, zoals Kim et al., de kennispillovers te meten: namelijk patentaanvragen in alle andere industrieën behalve de industrie in kwestie. We

houden hier ook rekening met de verschillende groepen van uitvinders. In tabel 6 vindt u een overzicht³⁰ van de nieuw aangemaakte variabelen.

Tabel 6: Nieuwe variabelen voor patentaanvragen in andere sectoren

Afkorting	Patentaanvragen in andere sectoren
PATO	Patentaanvragen in andere sectoren, totaal
PATOB	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door één Belg
PATOMB	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door meerdere Belgen
PATOBI	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door een Belgisch-internationale samenwerking
PATOF	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door één buitenlander
PATOMF	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door meerdere buitenlanders

Deze variabelen worden gedefinieerd als het gewogen gemiddelde van de patentaanvragen van alle sectoren, met uitzondering van de sector in kwestie. De gewichten die worden gebruikt om deze gemiddelden te berekenen, worden berekend op basis van de input-output matrix van België. Deze matrix is verkrijgbaar op de website van het Federaal Planbureau (www.plan.be).

Cornille en Robert (2005, p. 1) beschrijven de input-outputtabellen als volgt:

“De door het INR gepubliceerde input-outputtabellen (IOT) bieden een geïntegreerd overzicht van alle goederen- en dienstenstromen die de Belgische economie tijdens een gegeven jaar laat optekenen. Ze specificeren op coherente wijze de oorsprong – invoer of nationale productie – van de producten en hun bestemming: consumptie, investering of uitvoer. In het bijzonder maken de IOT het mogelijk de stromen tussen de verschillende bedrijfstakken van de economie te achterhalen, via hun intermediaire verbruik. De intermediaire verbruiksstromen betekenen het gebruik van de intermediaire inputs die nodig zijn voor de productie van de verschillende bedrijfstakken.”

³⁰ In tabel 2 in bijlage vindt u een overzicht van alle gebruikte variabelen in het onderzoek.

Volgens het model van Kim et al. (2009) is het juist dit intermediaire verbruik waarlangs de spillovers passeren. We gebruiken dan ook enkel het deel van het intermediaire verbruik in de input-outputtabel om de gewichten te berekenen. Een vereenvoudigde voorstelling van dit deel van de input-outputtabel ziet u in figuur 7.

Products	Industries	Industries		
		Agriculture	Industry	Service activities
Agricultural products				
Industrial products				
Services				
Total				

Figuur 7: Vereenvoudigde input-outputtabel

We kijken dus eigenlijk naar de input-output coëfficiënten van alle andere sectoren voor het produceren van één eenheid van output in de sector in kwestie. Om dit te verduidelijken, richten we ons even op figuur 7: Voor elke sector (kolommen) wordt er weergegeven hoeveel intermediaire goederen (in €) deze sector gebruikt van de andere sectoren (of de rijen, zijnde 'Products') om zijn eindproducten te vervaardigen. Een product (een rij) stelt dus eigenlijk producten voor die afkomstig zijn van een bepaalde sector. Het lijkt dan ook logisch dat we de gewichten voor één sector per kolom berekenen. Dit wordt voor elke sector gedaan. Daarna worden deze gewichten vermenigvuldigd met de bijhorende cijfers van de aantal aangevraagde patenten om tot het gewogen gemiddelde te komen.

Om te voorkomen dat we een vertekend beeld zouden krijgen, hebben we deze gewichten voor een aantal jaren berekend om te zien of er significante verschillen zouden zijn. Dit was echter niet het geval.

4 Empirisch model

Zoals reeds bekend, wordt er in dit onderzoek gebruik gemaakt van patentaanvragen als proxy voor kennis. Er zullen verschillende regressies opgesteld worden met de verschillende groepen van uitvinders: patentaanvragen voor technologieën uitgevonden door één Belg (PATB), meerdere Belgen (PATMB), een Belgisch-internationale samenwerking (PATBI), één buitenlander (PATF) en tot slot meerdere buitenlanders (PATMF). Op die manier kan er nagaan worden welke groep een grotere invloed heeft op TFP. Verder worden ook spillovervariabelen (PATO, PATOB, PATOMB, PATOBI, PATOF, PATOMF) opgenomen om na te gaan of de productiviteit van een welbepaalde sector invloed ondervond van andere sectoren.

In het artikel van Kim et al. (2009) begint men met een panel data model met time fixed effects en industrie fixed effects. Allereerst voert men regressies uit met één onafhankelijke variabele:

$$\log TFP_t = \alpha_t + \gamma_i + \beta_i \log K_{it} + u_{it} \quad (13)$$

K staat symbool voor de verschillende groepen van patenten, α_t is de tijdsdummie en γ_i de sectordummie.

Men gaat dus afwisselend deze regressie doen voor het totaal aantal patenten, patenten uitgevonden door binnenlanders en het aantal patenten uitgevonden door meerdere binnenlanders, etc. En ook voor de spillover variabelen individueel genomen.

Vervolgens voert men regressies uit met twee onafhankelijke variabelen:

$$\log TFP_t = \alpha_t + \gamma_i + \beta_1 \log PAT_{it} + \beta_2 \log PATO_{it} + u_{it} \quad (14)$$

Laat het duidelijk zijn dat men hier telkenmaal het paar bij elkaar horende kennisproxies gebruikt: In vergelijking (14) zien we bijvoorbeeld dat de eerste variabele (PAT) 'het totaal aantal patenten' is terwijl de tweede variabele (PATO) 'het totaal aantal patenten in andere sectoren' is. We nemen dus telkens een variabele samen met zijn tegenhanger uit de groep van patenten in andere sectoren. Ter herinnering: deze variabelen met betrekking tot de patenten in andere sectoren worden gebruikt om spillovers te meten tussen sectoren. Hierbij werd verondersteld dat de TFP van een industrie door andere industrieën wordt beïnvloed door intermediair inputverbruik.

Om tot een fixed (of random) effects model te komen zoals bij Kim et al., moeten we eerst weten of het opnemen van bijvoorbeeld tijds- en sectordummies wel effectief zijn nut heeft. We gaan dus stap voor stap zien welk model het beste zal blijken.

Maar we beginnen vooreerst met het testen of er al dan niet sprake zou zijn van seriële correlatie in de dataset. Indien dit het geval is, zouden de errortermen kunnen beïnvloed worden en bekomen we daardoor niet de juiste resultaten (Drukker, 2003). De Wooldridge test kan hier gebruikt worden om dit te testen. Dit is een speciale test om te testen voor seriële correlatie bij panel data. Ook Kim et al. (2009) maken zich zorgen om seriële correlatie. Wanneer ze hun data op jaarbasis bekijken, vermoeden ze, door een lage Durbin-Watson statistiek, dat er serieuze autocorrelatie problemen aanwezig zijn. Ze geven aan dat dit niet verbazingwekkend is door de stijgende trend in patentaanvragen en TFP. In de dataset van dit onderzoek blijkt er echter geen sprake te zijn van seriële correlatie. We dienen dus niets preventief te doen hiertegen.

Beginnen doen we dan door het negeren van de paneldata structuur en het nemen van een pooled OLS regression met telkens één variabele. De resultaten van deze regressie zijn terug te vinden in tabel 7. U begrijpt dus dat elke variabele gebruikt werd in een

aparte regressie. Dit zal ook telkens zo zijn bij de volgende tabellen waarbij de vermelding 'één variabele' staat.

Ten eerste zien we dat er vier variabelen significant zijn: drie variabelen met betrekking tot patenten in de eigen sector en één spillovervariabele, namelijk patenten in andere sectoren die uitgevonden zijn door meerdere buitenlanders.

Tabel 7: Pooled OLS regression, één variabele; Gemiddelde $R^2 = 0,004$

	1
PAT	0,0027811** (0,0014165)
PATB	0,0043503** (0,0018821)
PATMB	0,002616* (0,0015662)
PATBI	0,0035174 (0,0021654)
PATF	0,0024707 (0,0027683)
PATMF	0,0005696 (0,0022792)
PATO	0,0017769 (0,0036876)
PATOB	0,0011937 (0,0043251)
PATOMB	0,0002433 (0,0037254)
PATOBI	0,0015882 (0,0036641)
PATOF	0,0048711 (0,0052331)
PATOMF	0,0069226* (0,0038883)
*	Significant op 10%
**	Significant op 5%
***	Significant op 1%

Nu kunnen we echter vermoeden dat het opnemen van één variabele niet genoeg is om TFP te kunnen beschrijven. We denken daarom dat hier waarschijnlijk omitted variable bias zal spelen. Ook de (gemiddelde) R^2 is ook aan de zeer lage kant. Daarom lijkt het goed om nu na te gaan of het opnemen van dummies, sector- en tijdsdummies, dit voor een stuk kan oplossen. Door het opnemen van een sectordummy gaat men controleren voor invloeden die specifiek zijn aan de verschillende sectoren maar die niet verschillen over tijd. De tijdsdummies zijn net het tegenovergestelde waarbij men controleert voor invloeden die veranderen doorheen de jaren maar gelijk zijn voor alle sectoren. Deze dummies zijn binaire variabelen. Ze nemen de waarde 1 aan als men zich in een bepaald jaar of sector bevindt. Zo neemt dummy Y_1 bijvoorbeeld de waarde 1 aan als men in het jaar 1990 zit, dummy D_1 neemt de waarde 1 aan wanneer men zich in sector 1 bevindt, etc. Dit laat ons toe om na te gaan of het nuttig kan zijn om rekening met houden met tijds- of sectoreffecten bij de panel data analyse. We kunnen zo al zeggen dat het opnemen van sectordummies waarschijnlijk zijn nut zal hebben aangezien het aantal patenten toch aardig verschilt tussen de verschillende sectoren. Ook het opnemen van tijdsdummies kan van waarde zijn omwille van de conjuncturele veranderingen doorheen de jaren (crisissen, etc.).

Na het opnemen van deze dummies in de pooled OLS regression, doen we een F-test om te kijken of het opnemen van deze ook effectief iets bijdraagt aan de regressie of niet. Wanneer ten eerste de sectordummies worden opgenomen blijkt uit de F-test bij elke regressie dat het opnemen van deze zéér significant is, op het 1% niveau. Ook de tijdsdummies zijn significant, op het 5% significantieniveau. De coëfficiënten van zowel de bèta's van de patent- en spillovervariabelen als die van de dummies zullen hier niet worden weergegeven omdat deze niet echt ter zake doen. We trachten hier vooral te weten te komen of het opnemen van dummies al dan niet zijn nut kan hebben. En uit de F-tests blijkt dus dat het opnemen van deze dummies wel degelijk belangrijk kan zijn.

Er wordt nog even gekeken naar de pooled OLS regression waarbij er telkens twee variabelen worden opgenomen, één patentvariabele en de bijhorende spillovervariabele. In dit geval zijn alleen de patentvariabelen significant. Op zich is het niet heel verbazingwekkend dat geen enkele spillovervariabele significant is aangezien bij voorgaande analyse er maar één spillovervariabele significant was.

Tabel 8: Pooled regression, twee variabelen; Gemiddelde $R^2 = 0,0078$

	1
PAT	0,0031082** (0,0014565)
PATO	0,0036503 (0,0037773)
PATB	0,0046753** (0,0019274)
PATOB	0,003476 (0,0044046)
PATMB	0,0028151* (0,0016181)
PATOMB	0,0019016 (0,0038377)
PATBI	0,0037422* (0,0021913)
PATOBI	0,0025338 (0,0036984)
PATF	0,0029576 (0,0028037)
PATOF	0,005764 (0,0053005)
PATMF	0,001133 (0,0022943)
PATOMF	0,0071829 (0,003927)

Ook hier voegen we nu telkens sector- of tijdsdummies toe aan de regressie om te kijken of het nuttig zou zijn om deze te betrekken in de analyse. Via F-testen blijkt dat de

sectordummies significant zijn op het 1% niveau en de tijdsdummies op het 5% significantieniveau. We zien dus ook hier dat we best rekening kunnen houden hiermee.

Vanaf nu wordt er wel expliciet rekening gehouden met de paneldata structuur. Eerst nemen we een fixed effects model met tijdsdummies. Het fixed effects model komt op hetzelfde neer als een gewone pooled OLS te doen met sectordummies. Het resultaat van deze regressie is terug te vinden in tabel 9. In regressie 2 worden er tijdsdummies opgenomen bij het fixed effects model. Regressie 3 is een random effects model, ook met tijdsdummies.

Elke weergegeven coëfficiënt is het resultaat van een regressie met die welbepaalde variabele. Opmerkelijk is dat plots geen patentvariabelen meer significant zijn bij het random effects model, terwijl bij regressie nummer 2 bijna alle spillovervariabelen significant zijn. Onderaan de tabel is te zien dat het opnemen van de tijdsdummies wel degelijk nut heeft volgens de F-testen.

Welk model is nu beter, het fixed of het random model? Hoe kunnen we hierover beslissen?

Ten eerst doen we een Hausman test. Hieruit blijkt dat in de meeste gevallen de nulhypothese, die stelt dat het fixed en random effect dezelfde resultaten geven, niet wordt verworpen. Op basis van deze test kunnen we dus stellen dat random effects wordt verkozen. Maar a priori hebben we ook al een voorkeur voor het random effects model. Dit omwille van meerdere redenen. Ten eerste, een sector bestaat uit verschillende bedrijven. Wanneer men een random effects model neemt, wordt er nog een variatie binnen een sector toegelaten terwijl dit bij het fixed effects model niet het geval is. Omwille van de random heterogeniteit in plaats van een fixed heterogeniteit bezit het random model een hogere toepasbaarheid op de dataset. Vervolgens wanneer we een

fixed effects model gebruiken, wordt een groot deel van de variabiliteit in de dataset opgenomen in de deterministische entiteitseffecten. Op die manier kan het moeilijk zijn om globaal gezien een patroon te vinden in de overgebleven variabiliteit.

Tabel 9: Fixed en random effects, één variabele

	2	3
PAT	-0,0016666 (0,0046545)	0,0022362 (0,0019027)
PATB	0,0025154 (0,0048916)	0,0038658 (0,0024623)
PATMB	-0,0047939 (0,0049085)	0,0018081 (0,0020906)
PATBI	0,003219 (0,0047084)	0,0033179 (0,0027997)
PATF	0,0036732 (0,005387)	0,0023434 (0,0035006)
PATMF	0,002654 (0,0053802)	0,0006106 (0,0030043)
PATO	-0,0315705** (0,0135966)	-0,004773 (0,005714)
PATOB	-0,0426149*** (0,0157859)	-0,0076129 (0,0071237)
PATOMB	-0,0244302** (0,0109447)	-0,005183 (0,005448)
PATOBI	-0,0429637***	-0,0097892 (0,0062624)
PATOF	-0,0393286*** (0,0150821)	-0,0126006 (0,0089523)
PATOMF	0,0059761 (0,0150785)	0,0020068 (0,0068202)
F-test tijdsdummies	significant op 5%	significant op 5%
F-test tijdsdummies andere sectoren	significant op 1%	significant op 5%
Model	Fixed effects met tijdsdummies	Random effects met tijdsdummies

Nu worden deze analyses bekeken op het niveau van de regressies met twee variabelen. De resultaten zijn te zien in tabel 10. We zien een gelijkaardige situatie als bij de regressie met één variabele. De hausmantest wijst wel minder uitgesproken op een random effects. Voorlopig zullen we ons hier echter geen vragen bij stellen.

Tabel 10: Fixed en random effects, twee variabelen

	2	3
PAT	-0,0028436 (0,0046563)	0,0019192 (0,0020264)
PATO	-0,0324611** (0,0136844)	-0,0027834 (0,0058761)
PATB	0,0019559 (0,0048615)	0,0033879 (0,0026233)
PATOB	-0,0423413*** (0,0158159)	-0,0040992 (0,0073071)
PATMB	-0,0069984 (0,0049623)	0,0013135 (0,0022117)
PATOMB	-0,0272693** (0,011116)	-0,0040018 (0,0055952)
PATBI	0,0021572 (0,0046629)	0,0022774 (0,0029533)
PATOBI	-0,0425716*** (0,0125876)	-0,0083555 (0,0064953)
PATF	0,0021622 (0,0053859)	0,001279 (0,0036397)
PATOF	-0,0386564** (0,0151894)	-0,0121532 (0,0092941)
PATMF	0,002971 (0,0054286)	0,0009138 (0,0031411)
PATOMF	0,0070284 (0,0152127)	0,0025551 (0,0071467)
F-test tijdsdummies	significant op 1%	significant op 1%
Model	Fixed effects met dummies	Random effects met dummies

Op dit moment heerst er echter het vermoeden dat er misschien nog iets ontbreekt in de regressie. Het opnemen van één of twee variabelen is misschien niet voldoende om tot de juiste resultaten te komen. Allereerst dachten we aan het opnemen van alle patentvariabelen in één regressie. Maar zoals blijkt in de correlatiematrix in bijlage (tabel 3) is de correlatie tussen deze variabelen te hoog om tot een goed resultaat te kunnen komen.

Vervolgens leek het geen slecht idee om een proxy voor de grootte van de sector op te nemen. In de literatuur blijkt namelijk dat bedrijfsgrootte een positieve invloed heeft op TFP (Castany, López-Bazo en Moreno, 2007; Pagano en Schivardi, 2003). De proxy die we hiervoor gebruiken is het aantal werknemers in de sectoren. Dit resultaat is te zien in tabel 11, regressie 4a. In tabel 11, 4b, zien we dan het resultaat wanneer we twee innovatievariabelen opnemen.

Ook al blijkt hier dat er nog altijd geen variabele significant zijn, denken we niet dat het verhaal al op zijn einde is. We hebben tot nu toe namelijk één groot detail over het hoofd gezien waar ook Kim, Maskus en Oh (2009) geen rekening mee hebben gehouden. Hall, Jaffe en Trajtenberg, (2001) geven aan dat wanneer men met patentaanvragen werkt, men een 'lag' zou moeten opnemen van 3 jaar. Dit omwille van het 'truncation' probleem. Wanneer we in de analyse hiermee rekening houden, zien we volgend resultaat in tabel 12.

Tabel 11: Random effects, één (4a) en twee (4b) innovatievariabele(n)³¹ naast de bedrijfsgrootteproxy

4a		4b	
PAT	0,0022048 (0,001961)	PAT	0,0018919 (0,0020659)
PATB	0,0038429 (0,002514)	PATO	-0,0031097 (0,0060914)
PATMB	0,0017364 (0,0021554)		
PATBI	0,0038429 (0,002514)	PATB	0,0033543 (0,0026618)
PATF	0,0023174 (0,0035781)	PATOB	-0,0044509 (0,0074779)
PATMF	0,0023174 (0,0035781)		
		PATMB	0,0012682 (0,0022559)
PATO	-0,0049504 (0,0059635)	PATOMB	-0,004346 (0,0058049)
PATOB	-0,007832 (0,0073125)		
PATOMB	-0,0054076 (0,0056884)	PATBI	0,0023686 (0,0030137)
PATOBI	-0,0103345 (0,0065142)	PATOBI	-0,0090638 (0,0067044)
PATOF	-0,0128567 (0,0090638)		
PATOMF	0,0025022 (0,0071302)	PATF	0,0012558 (0,0037119)
		PATOF	-0,0124915 (0,0094014)
Werknemers	nooit significant		
F-test tijdsdummies	significant op 5%	PATMF	0,0008503 (0,0032024)
		PATOMF	0,0029409 (0,0074089)
		Werknemers	nooit significant
		F-test tijdsdummies	significant op 5%

³¹ Met innovatievariabele wordt er bedoeld: een patentvariabele of een spillovervariabele.

Tabel 12: Random effects, één (5a) en twee (5b) innovatievariabele(n), met lag naast de
bedrijfsgrootteproxy

5a		5b	
PAT	0,0053756** (0,0022048)	PAT	0,0055831** (0,0023188)
PATB	0,0061699** (0,0028407)	PATO	0,002031 (0,0068701)
PATMB	0,0041444* (0,0024241)		
PATBI	0,0022319 (0,0033078)	PATB	0,0060288** (0,0030178)
PATF	0,0008207 (0,0042204)	PATOB	-0,0012999 (0,0085448)
PATMF	0,0030527 (0,0036826)		
		PATMB	0,0042678* (0,0025329)
PATO	-0,002712 (0,0069042)	PATOMB	0,0013797 (0,0065369)
PATOB	-0,0070674 (0,0085037)		
PATOMB	-0,0014997 (0,0065323)	PATBI	0,0021861 (0,0034095)
PATOBI	-0,000822 (0,0076902)	PATOBI	0,0001695 (0,0077868)
PATOF	0,0052921 (0,0103737)		
PATOMF	-0,0014098 (0,008226)	PATF	0,0014167 (0,0044107)
		PATOF	0,0062895 (0,0108176)
Werknemers	nooit significant		
F-test tijdsdummies	significant op 5%	PATMF	0,0031067 (0,0038158)
		PATOMF	0,0000262 (0,0085339)
		Werknemers	nooit significant
		F-test tijdsdummies	significant op 5%

Ondanks het feit dat de coëfficiënt van de variabele 'werknemers' nooit significant is, zijn we toch van mening dat het opnemen van deze variabele zijn nut heeft. Zonder deze variabele veranderen de coëfficiënten van de innovatievariabelen aanzienlijk. We vermoeden hier dus omitted variable bias die door het toevoegen van de variabele 'werknemers' deels wordt ingelost.

Verder trachtten we nog meer van de (mogelijke) omitted variable bias in te lossen door het toevoegen van de variabele kapitaalintensiteit (Baumol et al., 1994). Dit heeft echter geen effect op de coëfficiënten van de innovatievariabelen. Twee andere variabelen die TFP mogelijk kunnen verklaren, kunnen in dit onderzoek spijtig genoeg niet gebruikt worden: buitenlands eigenaarschap (Djankov & Hoekman, 2000) en de leeftijd van de onderneming (Biesebroeck, 2005). De reden waarom we deze niet kunnen gebruiken is omdat het onderzoek zich op sectorniveau afspeelt en deze kunnen alleen gebruikt worden op bedrijfsniveau.

In het laatste model (tabel 12) zien we dus besluitend dat een aantal patentvariabelen significant zijn (totaal aantal patenten en patenten uitgevonden door één en meerdere Belgen). Er zijn echter geen spillovervariabelen significant.

5 Conclusies

In de laatste decennia werd er meer en meer naar voren geschoven dat kennis spillovers een grote rol spelen in innovatie en economische groei. Bedrijven kunnen hun prestaties verbeteren door het implementeren van innovatieve ideeën die niet ontwikkeld zijn door henzelf (Van Stel & Nieuwenhuijsen, 2004).

Daarom leek het voor deze masterproef een goed idee om te onderzoeken of een sector al dan niet een invloed ondervond van andere sectoren via deze kennis spillovers, meer bepaald in termen van Total Factor Productivity. Om dit na te gaan, beschikken we over een unieke dataset die alle patentaanvragen bevat van Belgische bedrijven voor de periode 1990 tot 2006.

Allereerst zien we dat bijna 70% van de totaal aantal patentaanvragen in de dataset patenten zijn voor technologieën die uitgevonden zijn door ofwel één Belg ofwel meerdere Belgen. De andere groepen, zijnde Belgisch-internationale samenwerking en één of meerdere buitenlanders, zijn dus in mindere mate vertegenwoordigd. Wel zien we dat deze laatste drie groepen de grootste groei in het aantal patenten noteren. Dit ligt in de lijn van de evolutie naar een grotere globalisering. We kunnen daarom ook verwachten dat over x aantal jaren het aantal patenten van die drie groepen misschien de bovenhand zullen nemen.

Na het oplossen van het probleem met het vinden van de sectorcodes kon er achterhaald worden welke de patent-intensieve sectoren in België zijn. Uiteindelijk bleken er zes patent-intensieve sectoren te zijn: chemicaliën en chemische producten; rubbers en plasticen; vervaardiging van machines, apparaten en werktuigen; groothandel en handelsbemiddeling; andere business activiteiten en tot slot vervaardiging van informaticaproducten, elektronische en optische producten en van elektrische apparatuur.

Overeenkomstig met de aangehaalde literatuur in de literatuurstudie, zien we in de analyses dat patenten een invloed uitoefenen op TFP. Dit voor zowel het totaal aantal patenten, patenten uitgevonden door Belgen als patenten uitgevonden door meerdere Belgen. Dit is op zich dus niet verrassend. We zien echter wel dat de patentvariabelen met betrekking tot technologieën uitgevonden door een Belgisch-internationale samenwerking, een buitenlander of meerdere buitenlanders, niet significant zijn. Dit is misschien te wijten aan het feit dat er niet veel patenten door deze groepen zijn uitgevonden waardoor het moeilijker is om een verband te vinden met TFP. Het belangrijkste hier is dat het totaal aantal patenten significant is.

Ook al was het onderzoek veelbelovend, zijn er toch een aantal opmerkingen die gemaakt dienen te worden. Ten eerste hebben we niet de meest courante methode gebruikt om na te gaan of er al dan niet sprake was van kennis spillovers in België. Uit de in dit onderzoek gehanteerde methode, via intermediaire goederen, bleek niet dat er spillovers hebben plaatsgevonden. Dit wil echter niet zeggen dat er ook effectief geen spillovers zijn geweest. Gegeven de beschikbare tijdspanne en de beschikbare data, hebben we de juiste stappen genomen die mogelijk waren. Een mogelijk volgend onderzoek zou de spillovers misschien kunnen nagaan op basis van citaties. Dit blijkt uit veel onderzoeken een goede manier om spillovers te achterhalen (Blazsek & Escibano, 2010). Zo doen Plasmans en Lukatch (2000) een onderzoek op basis van citaties voor België. Andere methoden zijn uiteraard ook altijd mogelijk (zie bijvoorbeeld Kaiser (2002)).

Ten tweede zou men kunnen opteren voor een andere methode van toewijzing van de sectorcodes naar de patenten. Wij kozen ervoor om de patenten toe te wijzen aan de sector van oorsprong. In het ideale geval wordt een patent toegewezen aan de sector van gebruik omdat deze dan rechtstreeks een verschil in productiviteit kan merken. Maar aangezien deze toewijzingsmethode uitermate moeilijk is (zeker voor een niet-specialist ter zake) was het onmogelijk om dit via deze manier te doen.

In toekomstige onderzoeken zou men kunnen overwegen om zaken zoals de eigenschappen van het bedrijf dat spillovers ontvangt (bv. absorptievermogen), de geografische nabijheid van het ontvangend bedrijf ten opzichte van het "uitzendend" bedrijf, het feit of er al dan niet formele kennisdeling-relaties bestaan, etc. te betrekken in het onderzoek omdat deze toch een invloed zouden kunnen hebben (Yang, Phelps, & Steensma, 2010).

Deze masterproef is een bijdrage tot de literatuur in volgende zin: Door het gebruik van een unieke dataset is het mogelijk om analyses uit te voeren die nooit eerder met deze data is gedaan. Dit is dan ook, bij mijn weten, het eerste onderzoek voor België dat spillovers nagaat via de intermediaire goederen op basis van het aantal patenten. Ten tweede is de opsplitsing per uitvindergroep vrij uniek. Tot slot wordt er ook rekening gehouden met de opmerking van Hall, Jaffe en Trajtenberg, (2001) die aangeven dat wanneer men met patentaanvragen werkt, men een 'lag' zou moeten opnemen van drie jaar.

6 Bibliografie

Abramovitz, M. (1956). Resource and Output Trends in the United States since 1870. *American economic review* , 5-23.

Acs, Z., & Audretsch, D. (1990). Innovation and Small Firms.

Acs, Z., & Audretsch, D. (1989). Patents as a measure of innovative activity. *Kyklos*, Vol. 42 , 171-180.

Adams, J. (1990). Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth. *Journal of Political Economy* 98 , 673-702.

Anton, J., & Yao, D. (2004). Little Patents and Big Secrets: Managing Intellectual Property. *RAND Journal of Economics* , 1-22.

Appleyard, M. (1996). How does knowledge flow? interfirm patterns in the semiconductor industry. *Strategic management journal* , 137-154.

Arrow, K. J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *Rev. Econ. Studies*

Audretsch, D., & Thurik, A. (2000). Capitalism and democracy in the 21st century: from the managed to the entrepreneurial economy. *Journal of Evolutionary Economics* (10), 17-34.

Audretsch, D., & Thurik, A. (2001). What is new about the new economy: sources of growth in the managed and entrepreneurial economies. *Ind. & Corporate Change* (10), 267-315.

Barro, R. J., & McCleary, R. M. (2003). *Religion and economic growth*. National bureau of economic research.

Baumol, W., Nelson, R., & Wolff, E. (1994). *Convergence of Productivity: Cross-National Studies and Historical Evidence*. Oxford University Press.

Biatour, B., Dumont, M., & Kegels, C. (2011). The determinants of industry-level total factor productivity in Belgium. *Working Paper 7-11* .

Biesebroeck, J. (2005). Firm size matters: Growth and productivity growth in African Manufacturing. *Economic Development & Cultural Change*, 53 , 545-583.

Blazsek, S., & Escribano, A. (2010). Knowledge spillovers in US patents: A dynamic patent intensity model with secret common innovation factors. *Journal of econometrics* , 14-32.

Bottazzi, L., & Peri, G. (2002). Innovation and Spillovers in Regions: Evidence from European Patent Data. *Working Paper, University of Bocconi* .

Breschi, S., Malerba, F., & Orsenigo, L. (2000). Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation. *Economic Journal*, 110 , 388-410.

Caballero, R., & Jaffe, A. (1993). How high are the giants' shoulders: an empirical assessments of knowledge spillovers and creative destruction in a model of economic growth. *NBER Macroeconomic annuals* (8), 15-72.

Cainelli, G., Evangelista, R., & Savona, M. (2004). The impact of innovation on economic performance in services. *The service industries journal* , 116-130.

Cassiman, B., & Veugelers, R. (2002). R&D Cooperation and Spillovers: Some Empirical Evidence from Belgium. *The American economic review* , 1169-1184.

Castany, L., López-Bazo, E., & Moreno, R. (2007). Do innovation and human capital explain the productivity gap between small and large firms? *Working Papers 2007/16* .

Coad, A., & Rao, R. (2007). Firm growth and R&D expenditure. *Papers on economics and evolution*, No. 0710 .

Cohen, W., & Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Sciences Quarterly* 35 , 569-596.

Cohen, W., & Levinthal, D. (1989). Innovation and learning: the two faces of R&D. *Economic journal* , 569-596.

Cohen, W., Nelson, R., & Walsh, J. (2000). Protecting their intellectual assets: appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not). *NBER Working Paper 7552* .

- Cornille, D., & Robert, B. (2005). Sectorale interdependenties en kostenstructuur van de Belgische economie: een toepassing van de input-outputtabellen. *Nationale Bank van België* .
- Döring, T., & Schnellenbach, J. (2006). What do we know about geographical knowledge spillovers and regional growth?: a survey of the literature. *Regional studies* , 375-395.
- David, P., & Foray, D. (1995). Accessing and Expanding the Science and Technology Knowledge Base. *STI Review, No. 16* .
- Denicolò, V., & Franzoni, L. (2003). The Contract Theory of Patents. *International Review of Law and Economics* , 365–380.
- Denison, E. (1962). The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before Us. *Committee for Economic Development* .
- Djankov, S. H. (2000). Foreign investment and productivity growth in Czech enterprises. *The world bank economic review, 14* , 49-64.
- Dosi, G. (1988). Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of economic literature* , 1120-1171.
- Drukker, D. (2003). Testing for serial correlation in linear panel-data models. *The Stata Journal* , 168-177.
- Eaton, B., & Eswaran, M. (1997). Technology trading coalitions in supergames. *RAND Journal of economics* .
- Eaton, J., & Kortum, S. (1996). Trade in ideas: patenting and productivity in OECD countries. *Journal of international economics* , 251-278.
- Engelsman, E., & van Raan, A. (1992). A patent-based cartography of technology. *Research Policy 23* , 1-26.
- Escribano, A., Fosfuri, A., & Tribo, J. (2009). Managing external knowledge flows: the moderating role of absorptive capacity. *Research Policy 38* , 96-105.
- Fleming, L. (2001). Recombinant uncertainty in technological search. *Management Science* , 117-132.
- Florida, R., & Kenney, M. (1991). The new age of capitalism. *Futures* , 637.

Fung, M. (2005). Are knowledge spillovers driving the convergence of productivity among firms? *Economica* , 287-305.

Garud, R., & Rappa, M. (1994). A socio-cognitive model of technology evolution. *Organization science* , 344-362.

Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics* , 92- 116.

Griliches, Z. (1990). Patent statistics as economic indicators: a survey. *Journal of economic literature* , 1661-1707.

Griliches, Z. (1986). Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970's. *American economic review*, vol. 76 , 141-154.

Griliches, Z. (1992). The search for R&D spillovers. *Scandinavian Journal of Economics* .

Grossman, G., & Helpman, E. (1991). Innovation and growth in the global economy. *The MIT press* .

Hall, B. (2011). Innovation and productivity. *UNU-MERIT Working Papers* .

Hall, B., & Van Reenen, J. (2000). How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence. *Research policy* 29 .

Hall, B., Jaffe, A., & Trajtenberg, M. (2001). The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools. *NBER Working Paper 8498* .

Hall, B., Mairesse, J., & Mohnen, P. (2009). Measuring the returns to R&D. *Chapter prepared for the handbook of economics of innovation, B. H. Hall and N. Rosenberg* .

Henderson, R., & Clark, K. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly* , 9-30.

Henderson, R., & Cockburn, I. (1996). Scale, scope and spillovers: the determinants of research productivity in the pharmaceutical industry. *Rand journal of economics* , 32-59.

Hoechle, D. (2007). Robust Standard Errors for Panel Regressions with Cross-Sectional Dependence. *Stata Journal* , 281-312.

- Houghton, J., & Sheehan, P. (2000). A primer on the knowledge economy. *Centre for Strategic Economic Studies* .
- Jaffe, A. (1986). Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firm's patents, profits and market value. *American economic review* , 984-1001.
- Jaffe, A., Traitenberg, M., & Henderson, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent data. *Quarterly journal of economics* , 577-598.
- Jorgenson, D., Ho, M., & Stiroh, K. (2005). Productivity: information technology and the American growth resurgence. *MIT Press* .
- Jovanovic, B., & MacDonald, G. (1994). Competitive diffusion. *Journal of political economy* , 24-52.
- Kaiser, U. (2002). Measuring knowledge spillovers in manufacturing and services: an empirical assessment of alternative approaches. *Research Policy* , 129-149.
- Kamien, M., & Zang, I. (2000). Meet me halfway: research joint ventures and absorptive capacity. *International journal of industrial organization* , 995-1012.
- Kesteloot, K., & Veugelers, R. (1995). Stable R&D Cooperation with Spillovers. *Journal of economics and management* , 651-672.
- Kim, T., Maskus, K., & Oh, K.-Y. (2009). Effects of patents on productivity growth in Korean manufacturing: a panel data analysis. *Pacific Review* , 137-154.
- Kultti, K., Takalo, T., & Toikka, J. (2007). Secrecy vs. Patenting. *RAND Journal of Economics* .
- Lam, A. (2005). Organizational Innovation. *Chapter 5 in J. Fagerberg, D. Mowery and R.R. Nelson (eds.), The Oxford Handbook of Innovation* .
- Langinier, C. (2005). Using Patents to Mislead Rivals. *Canadian Journal of Economics* , 520–545.
- Lever, W. (2002). Correlating the knowledge-base of cities with economic growth. *Urban studies vol. 39* .
- Levin, R., Klevorick, A., Nelson, R., & Winter, S. (1987). Appropriating the returns from industrial R&D. *Brookings Papers on Economic Activity*, 3 .

- Li, X. (2008). Patent Counts as indicators of the geography of innovation activities: problems and perspectives. *Research papers 18* .
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics* .
- Mäkinen, I. (2007). To patent or not to patent. *VTT Publications 646* .
- Mackun, P., & Macpherson, A. (1997). Externally-assisted product innovation in the manufacturing sector: the role location, in-house R&D and outside technical support. *Regional Studies 31* , 659-668.
- Malecki, E. (1997). Technology and Economic Development: The Dynamics of Local, Regional, and National Change. *University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship* .
- Mansfield, E. (1985). How rapidly does new industrial technology leak out? *Journal of Industrial Economics (34)*, 217–223.
- Mansfield, E., Schwartz, M., & Wagner, S. (1981). Imitation costs and patents: an empirical study. *Economic Journal 91* , 907-918.
- Marco, A. C. (2006). The dynamics of patent citations. *Vassar College Economics Working Paper 84* .
- Millot, V. (2006). Trademarks as an indicator of product and marketing innovations. *OECD Working Papers* .
- OECD. (2002). Frascati Manual.
- OECD. (2009). OECD Patent statistics manual.
- OECD. (2005). Oslo Manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data.
- OECD. (2001). The driving forces of economic growth: panel data evidence for OECD countries.
- OECD. (1996). The knowledge-based economy.
- OECD. (2000). The service economy.
- OECD. (2003). The Sources of Economic Growth in OECD Countries.

Oliner, S., Sichel, D., & Stiroh, K. (2007). Explaining a productive decade. *Brookings papers on economic activity* , 81-152.

Oltra, V., & Kemp, R. (2008). Patents as a measure for eco-innovation. *Report for MEI project, deliverable 9* .

Pagano, P., & Schivardi, F. (2003). Firm Size Distribution and Growth. *The Scandinavian Journal of Economics* , 255-274.

Pakes, A., & Griliches, Z. (1980). Patents and R&D at the firm level: a first look. *Working Paper No. 561* .

Peri, G. (2002). Knowledge flows and knowledge externalities. *CESIFO Working paper no. 765* .

Plasmans, J., & Lukatch, R. (2000). Measuring Knowledge Spillovers Using Belgian EPO and USPTO Patent Data.

Popp, D. (2005). Lessons from patents: Using patents to measure technological change in environmental models, 54. *Ecological Economics* , 209-226.

Raspe, O., & van Oort, F. (2011). Growth of new firms and spatially bounded knowledge externalities. *The Annals of Regional Science.* , 495-518.

Rogers, M. (1998). The definition and measurement of innovation. *Melbourne Institute Working Paper No. 10/98* .

Romer, P. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy* .

Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy* .

Scherer, F. (1982). Interindustry Technology Flows and Productivity Growth. *Review of Economics and Statistics*, 64 , 627-34.

Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*.

Shapiro, C. (2001). Navigating the Patent Thicket: Cross Licenses, Patent Pools, and Standard Setting. *Innovation Policy and the Economy, Volume 1* , 199-150.

Sheehan, J. (2006). Understanding service sector innovation. *Communications of the ACM* , 43-47.

- Sheehan, P., & Tegart, G. (1998). Working for the future: technology and employment in the global knowledge economy. *Victoria University Press* .
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics* 39 , 312-320.
- Tarlok, S. (2010). Does International Trade Cause Economic Growth? A Survey. *The World Economy* .
- Van Stel, A., & Nieuwenhuijsen, H. (2004). Knowledge Spillovers and Economic Growth: An Analysis Using Data of Dutch Regions in the Period 1987–1995. *Regional studies* (38.4), 393-407.
- Yang, H., Phelps, C., & Steensma, K. (2010). Learning from what others have learned from you: the effects of knowledge spillovers on originating firms. *Academy of management journal* .
- Young, A. A. (1969). Increasing Returns and Economic Progress. *Readings in Welfare Economics* .

7 Appendix

Tabel 1: Aanvraag patenten in absolute getallen

Jaar	Patenten totaal	Patenten één Belg	Patenten meerdere Belgen	Patenten Belgisch- internationale samenwerking	Patenten één buitenlander	Patenten meerdere buitenlanders
1990	484	147	234	43	34	26
1991	579	147	267	88	32	45
1992	647	188	319	58	25	57
1993	807	182	451	77	38	59
1994	721	182	372	68	36	63
1995	704	153	375	64	57	55
1996	765	180	344	102	43	96
1997	909	219	440	96	41	113
1998	992	233	450	148	51	110
1999	1052	316	435	167	61	73
2000	1018	272	450	161	46	89
2001	1041	313	409	151	67	101
2002	1093	304	418	159	69	143
2003	1068	303	391	160	75	139
2004	1270	353	477	153	80	207
2005	1139	313	419	172	88	147
2006	877	213	307	113	77	167
TOTAAL	15166	4018	6558	1980	920	1690

Tabel 2: Overzicht van de variabelen

Variabelen*	Beschrijving
Jaar	Jaar van patentaanvraag
TFP _{it}	TFP groei
PAT _{it}	Totaal aantal patenten
PATB _{it}	Aantal patenten, uitgevonden door één Belg
PATMB _{it}	Aantal patenten, uitgevonden door meerdere Belgen
PATBI _{it}	Aantal patenten, uitgevonden door een Belgisch-internationale samenwerking
PATF _{it}	Aantal patenten, uitgevonden door één buitenlander
PATMF _{it}	Aantal patenten, uitgevonden door meerdere buitenlanders
PATO _{it}	Patentaanvragen in andere sectoren, totaal
PATOB _{it}	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door één Belg
PATOMB _{it}	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door meerdere Belgen
PATOBI _{it}	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door een Belgisch-internationale samenwerking
PATOF _{it}	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door één buitenlander
PATOMF	Patentaanvragen in andere sectoren, uitgevonden door meerdere buitenlanders
Werknemers	Aantal werknemers in sector i
D1...D28	Sectordummies
Y1...Y17	Jaardummies

*Deze variabelen zijn telkens het aantal patenten aangevraagd door sector i in jaar t .

Tabel 3: Correlatiematrix, TFP level en aantal patenten

	TFP	PAT	PATB	PATMB	PATBI	PATF	PATMF	PATO	PATOB	PATOMB	PATOBI	PATOF	PATOMF
TFP	1												
PAT	0.0683	1											
PATB	0.0858	0.9328	1										
PATMB	0.0588	0.9504	0.8556	1									
PATBI	0.0786	0.8522	0.7559	0.8591	1								
PATF	0.0587	0.7544	0.72	0.7103	0.6977	1							
PATMF	0.009	0.7527	0.6836	0.7335	0.7488	0.799	1						
PATO	-0.0669	-0.2324	-0.2511	-0.2478	-0.2367	-0.224	-0.2146	1					
PATOB	-0.0448	-0.2016	-0.2136	-0.2293	-0.2021	-0.1908	-0.1712	0.9224	1				
PATOMB	-0.0609	-0.2379	-0.2551	-0.2484	-0.2469	-0.2166	-0.2282	0.9673	0.8299	1			
PATOBI	-0.1093	-0.1504	-0.1698	-0.1649	-0.1497	-0.1473	-0.1417	0.9259	0.8398	0.8591	1		
PATOF	-0.0499	-0.1764	-0.1924	-0.1821	-0.1641	-0.1597	-0.1346	0.8202	0.754	0.7464	0.768	1	
PATOMF	-0.064	-0.1447	-0.1696	-0.1569	-0.1474	-0.1637	-0.1343	0.894	0.8029	0.8277	0.8638	0.7716	1

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

De invloed van spillovers op de economische prestaties en het innovatiegedrag van bedrijven

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen: handelsingenieur-accountancy en financiering**

Jaar: **2012**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Vanderhoydonck, Philippe

Datum: **29/05/2012**