



Kennishubs in Nederland

Ruimtelijke patronen van onderzoekssamenwerking

NAi Publishers

- Monitor Nota Ruimte. De opgave in beeld*
Snellen et al. (2006)
ISBN 90 5662 509 8
- Economische netwerken in de regio*
Van Oort et al. (2006)
ISBN 90 5662 477 6
- Verkenning van de ruimte 2006. Ruimtelijk beleid tussen overheid en markt*
Van der Wouden et al. (2006)
ISBN 90 5662 506 3
- Wegen naar economische groei*
Thissen et al. (2006)
ISBN 90 5662 502 0
- De prijs van de plek. Woonomgeving en woningprijs*
Visser & Van Dam (2006)
ISBN 90 5662 479 2
- Woningproductie ten tijde van Vinex. Een verkenning*
Jókövi et al. (2006)
ISBN 90 5662 503 9
- Vinex! Een morfologische verkenning*
Lörzing et al. (2006)
ISBN 90 5662 475 x
- Bloeiende bermen. Verstedelijking langs de snelweg*
Hamers et al. (2006)
ISBN 90 5662 476 8
- Achtergronden en veronderstellingen bij het model PEARL. Naar een nieuwe regionale bevolkings- en allochtonenprognose*
De Jong et al. (2005)
ISBN 90 5662 501 2
- Winkelen in Megaland*
Evers et al. (2005)
ISBN 90 5662 416 4
- Waar de landbouw verdwijnt. Het Nederlandse cultuurland in beweging*
Pols et al. (2005)
ISBN 90 5662 485 7
- Tussen droom en retoriek. De conceptualisering van ruimte in de Nederlandse planning.*
Zonneveld & Verwest. (2005)
ISBN 90 5662 480 6
- Het gras bij de buren. De rol van planning bij de bescherming van groene gebieden in Denemarken en Engeland*
Van Ravesteyn et al. (2005)
ISBN 90 5662 481 4
- De LandStad. Landelijk wonen in de netwerkstad*
Van Dam et al. (2005)
ISBN 90 5662 440 7
- Het gedeelde land van de Randstad. Ontwikkelingen en toekomst van het Groene Hart*
Pieterse et al. (2005)
ISBN 90 5662 442 3
- Verkenning regionale luchthavens*
Gordijn et al. (2005)
ISBN 90 5662 436 9
- Inkomensspreiding in en om de stad*
De Vries (2005)
ISBN 90 5662 478 4
- Nieuwbouw in beweging. Een analyse van het ruimtelijk mobiliteitsbeleid van Vinex*
Snellen et al. (2005)
ISBN 90 5662 438 5
- Kennisassen en kenniscorridors. Over de structurende werking van infrastructuur in de kenniseconomie*
Raspe et al. (2005)
ISBN 90 5662 459 8
- Schoonheid is geld! Naar een volwaardige rol van belevingswaarden in maatschappelijke kosten-batenanalyses*
Dammers et al. (2005)
ISBN 90 5662 458 x
- De markt doorgrond. Een institutionele analyse van de grondmarkt in Nederland*
Segeren et al. (2005)
ISBN 90 5662 439 2
- A survey of spatial economic planning models in the Netherlands. Theory, application and evaluation*
Van Oort et al. (2005)
ISBN 90 5662 445 8
- Een andere marktwerking*
Needham (2005)
ISBN 90 5662 437 7
- Kennis op de kaart. Ruimtelijke patronen in de kenniseconomie*
Raspe et al. (2004)
ISBN 90 5662 414 8

KENNISHUBS IN NEDERLAND RUIMTELIJKE PATRONEN VAN ONDERZOEKSAMENWERKING

Roderik Ponds
Frank van Oort

NAi Uitgevers, Rotterdam
Ruimtelijk Planbureau, Den Haag
2006

Scenario's in Kaart. Model- en ontwerpbenaderingen voor toekomstig ruimtegebruik

Groen et al. (2004)
ISBN 90 5662 377 X

Unseen Europe. A survey of EU politics and its impact on spatial development in the Netherlands

Van Ravesteyn & Evers (2004)
ISBN 90 5662 376 1

Behalve de dagelijkse files. Over betrouwbaarheid van reistijd

Hilbers et al. (2004)
ISBN 90 5662 375 3

Ex ante toets Nota Ruimte

CPB, RPB, SCP (2004)
ISBN 90 5662 412 1

Tussenland

Frijters et al. (2004)
ISBN 90 5662 373 7

Ontwikkelingsplanologie. Lessen uit en voor de praktijk

Dammers et al. (2004)
ISBN 90 5662 374 5

Duizend dingen op een dag. Een tijdsbeeld uitgedrukt in ruimte

Galle et al. (2004)
ISBN 90 5662 372 9

De ongekennde ruimte verkend

Gordijn (2003)
ISBN 90 5662 336 2

De ruimtelijke effecten van ICT

Van Oort et al. (2003)
ISBN 90 5662 342 7

Landelijk wonen

Van Dam (2003)
ISBN 90 5662 340 0

Naar zee! Ontwerpen aan de kust

Bomas et al. (2003)
ISBN 90 5662 331 1

Energie is ruimte

Gordijn et al. (2003)
ISBN 90 5662 325 7

Scene. Een kwartet ruimtelijke scenario's voor Nederland

Dammers et al. (2003)
ISBN 90 5662 324 9

INHOUD

Samenvatting 7

Inleiding

Aanleiding en achtergrond 15
Ruimtelijke dimensie van kennis en innovatie 16
Vraagstelling 17
Opbouw en werkwijze 17

Kennisgedreven sectoren

Inleiding 21
Het belang van kennisgedreven sectoren 21
Sectorale verschillen in innovatie en kennisgedreven industrie 22
De ruimtelijke aspecten van innovatie in kennisgedreven sectoren 26
Synthese 31

Trends in onderzoekssamenwerking

Inleiding 35
Copublicaties als indicator voor onderzoekssamenwerking 35
Selectie van de technologiegebieden en wetenschapsvelden 36
Van copublicaties naar samenwerkingsrelaties 44
Ruimtelijke patronen van samenwerking 48
Synthese 53

De kennishubs van Nederland; een netwerk-analyse

Inleiding 57
Visualisaties van de structuur van kennisnetwerken 57
Dynamiek in regionale netwerken en regionale overeenkomsten in technologievelden 70
Kern-periferieanalyse 78
Synthese 84

Determinanten van het ruimtelijk patroon van samenwerking

Inleiding 89
Het ruimtelijke schaalniveau van heterogene en homogene samenwerkingsrelaties 89
Ruimtelijke patronen van heterogene en homogene samenwerkingsrelaties 92
Ruimtelijke nabijheid en de intensiteit van de samenwerking 93
Synthese 104

Synthese en conclusies

Beleidsconclusies 111

Bijlage 1. De Coropindeling van Nederland 119

Bijlage 2. Quadratic Assignment Procedure 120

Bijlage 3. Zwaartekrachtmodellen: uitkomsten negatief binominale regressieanalyses 117

Literatuur 123

Over de auteurs 127

SAMENVATTING

- Onderzoekssamenwerking in kennisgedreven (*science-based*) technologieën in Nederland is sterker internationaal georiënteerd dan regionaal: minimaal twee van de drie en maximaal vier van de vijf kennisrelaties worden onderhouden met buitenlandse organisaties.
- Dit betekent niet dat kennis weglekt; in potentie profiteren Nederlandse organisaties eveneens van deze samenwerking met het buitenland. Het feit dat onderzoekssamenwerking zo sterk internationaal is gericht, betekent wel dat de kennisgedreven sectoren niet optimaal zijn gebaat bij beleid dat zijn pijlen alleen richt op de regio.
- Het aantal belangrijke knopen in de kennisnetwerken, ofwel: de kennis-hubs, is in Nederland beperkt tot met name de universiteitsregio's: de regio's Eindhoven en Delft voor de *physical sciences*, met specialisaties in de elektronica en de informatie- en communicatietechnologie, terwijl de Randstad (Leiden, Utrecht, Amsterdam en in iets mindere mate Rijnmond) de kennishub vormt voor de *life sciences*; Wageningen, dat sterk is in landbouw- en voedseltechnologie, is op dit laatste de uitzondering.
- Het zijn door de tijd steeds dezelfde regio's (met hun structuur, bedrijven en context) die binnen de brede sectoren van de *life sciences* en de *physical sciences* in het netwerk van belang zijn. Hiernaast lijkt een regio geen sterke positie te kunnen innemen in beide netwerken.
- Rond de vijftig procent van de samenwerkingsrelaties vindt plaats tussen wetenschappelijke instellingen, met name universiteiten. De ruimtelijke structuur van de kennisnetwerken wordt echter tevens bepaald door andere onderzoeksinstellingen en een concentratie van R&D-intensieve bedrijven binnen deze regio's.
- Samenwerking tussen universiteiten en bedrijven kent met name een nationale oriëntatie, terwijl samenwerking tussen universiteiten en overheidsinstellingen in Nederland plaatsvindt op een lager ruimtelijk schaalniveau. Samenwerking tussen dezelfde soort organisaties (bijvoorbeeld tussen universiteiten onderling) kent echter een sterk internationaal karakter.
- Ruimtelijke nabijheid heeft slechts een beperkt effect op het patroon van samenwerking tussen en binnen Nederlandse regio's. Voor de op *physical sciences* gebaseerde technologieën blijkt ruimtelijke nabijheid geen significante relatie te hebben met de intensiteit van de samenwerking.
- Regionaaleconomisch beleid dat zwaar inzet op netwerkvorming in onderzoek, geeft dan ook weinig garantie voor succes. Het nationale schaalniveau ligt hier meer voor de hand.

- Het heeft voor een regio weinig zin om in te zetten op een functie als kennishub in kennisgedreven sectoren als hij dat nog niet is. De regio's die eenmaal een hub zijn, blijven dat, en er komen geen nieuwe hubs bij.
- Er kunnen dan ook kanttekeningen worden geplaatst bij het streven van kennisextensieve regio's om kennisgedreven sectoren zoals de biotechnologie tot speerpunt van hun economisch beleid te maken.
- Het beleid kan zich in deze gevallen beter richten op het stimuleren van samenwerking tussen regio's, opdat verschillende regionale initiatieven elkaar kunnen versterken.

Achtergrond

Kennis en innovatie zijn van steeds groter belang voor de economie. Het stimuleren van bedrijvigheid in kennisgedreven (*science-based*) sectoren als de informatie- en communicatietechnologie en de biotechnologie staat dan ook op de agenda van zowel Europese, nationale als regionale beleidsmakers. In Nederland wordt dit op rijksniveau ingevuld door de economische uitwerking van de Nota Ruimte (VROM), de nota *Pieken in de Delta* (EZ) en de oprichting van het Innovatieplatform. Op regionaal en lokaal niveau worden onder andere regionale innovatieplatforms opgericht. De belangrijkste gedachte hierbij is dat ruimtelijke concentratie van deze sectoren de innovatie en de werkgelegenheids groei zullen bevorderen.

Met deze focus op de regionale schaal wordt veelal voorbij gegaan aan twee zaken: de internationale dimensie binnen deze sectoren en het feit dat er wereldwijd maar een beperkt aantal regio's is waar deze sectoren zich daadwerkelijk duurzaam clusteren. Hoewel beleidsmakers deze gelijktijdige regionale en internationale oriëntatie van kennisgedreven sectoren in het algemeen wel onderkennen, zijn de feitelijke structuur en dynamiek van de kennisnetwerken in Nederland onbekend.

Om in deze kennislacune te voorzien, staat in deze studie de vraag centraal naar de ruimtelijke structuur van kennisnetwerken, en hun dynamiek, binnen de kennisgedreven technologieën tussen Nederlandse regio's onderling en tussen Nederlandse regio's en het buitenland. We onderzoeken deze vraag aan de hand van copublicaties op het gebied van de op *life sciences* (de landbouw- en voedselchemie, de biotechnologie, de organische fijnchemie) en de op *physical sciences* gebaseerde technologieën (de informatietechnologie, de optische technologie, de halfgeleider technologie en de telecommunicatietechnologie) en de analyse-, meet- en controle technologie (als 'snijvlak-technologie'). Deze staan ook centraal in het nationale technologiebeleid.

Trends in onderzoekssamenwerking

Copublicaties zijn een goede graadmeter voor nieuwe wetenschappelijke kennis en samenwerking daarbinnen. Het aantal copublicaties, en het aantal samenwerkingsrelaties, is de afgelopen decennia duidelijk toegenomen. Samenwerking in onderzoek is dus een structurele trend.

Wetenschappelijke instellingen zijn de dominante actoren binnen het onderzoek; het aandeel samenwerkingsrelaties tussen wetenschappelijke

instellingen binnen alle technologiegebieden vormt grofweg de helft van het totaal. Dit betekent dat ook bedrijven en overheidsinstellingen belangrijke actoren zijn binnen het Nederlandse onderzoek.

Binnen alle technologiegebieden maakt internationale samenwerking duidelijk het grootste deel uit van het totaal aantal samenwerkingsrelaties. De landen van de Europese Unie (EU15 inclusief Zwitserland en Noorwegen) vormen de belangrijkste partners voor Nederlandse organisaties als het gaat om onderzoek. Hiernaast wordt intensief samengewerkt met de Verenigde Staten. Maar ook Japan en Zuidoost-Azië zijn belangrijke samenwerkingspartners, vooral binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën.

Ondanks deze sterke internationale focus blijkt in Nederland ook de regionale dimensie een rol te spelen als het gaat om samenwerkingsrelaties in onderzoek.

Ruimtelijk patroon van onderzoekssamenwerking

Deze internationale kennisnetwerken slaan vaak neer in een beperkt aantal regio's: de kennishubs van Nederland. Niet geheel verrassend vormen de universiteitsregio's de belangrijkste regio's binnen het netwerk van de *physical sciences*. Omdat ongeveer vijftig procent van de samenwerkingsrelaties plaatsvindt tussen wetenschappelijke instellingen (met name universiteiten), wordt de structuur wel degelijk ook mede bepaald door andere organisaties. Universiteitsregio's die tevens andere relevante onderzoeksinstituten en bedrijvigheid in de kennisgedreven sectoren herbergen, vormen binnen die sectoren dan ook de kennishubs van Nederland. Zo zorgt de aanwezigheid van een technische universiteit, de verschillende Philips-onderdelen en veel verwante bedrijven als ASML en FEI rondom bijvoorbeeld de halfgeleider-technologie, de informatietechnologie en de optische technologie, voor een sterke positie van de regio Eindhoven in deze kennisnetwerken. Op het gebied van de op *physical sciences* gebaseerde technologieën bevindt zich ook in de regio Delft een concentratie van belangrijke actoren in deze netwerken: naast de TU Delft zijn dat ondermeer verschillende TNO-instellingen.

Door de tijd vertoont de structuur van de netwerken in de *physical sciences* een zekere stabiliteit. Opvallend is wel dat Delft en Eindhoven steeds belangrijker worden en zich steeds duidelijker als kennishub ontwikkelen

Een soortgelijk beeld is te zien binnen de op *life sciences* gebaseerde technologieën. Naast de aanwezigheid van kennisinstellingen als universiteiten en academische ziekenhuizen zorgt de aanwezigheid van grote bedrijven als Unilever, in de regio Rijnmond, en Akzo-Nobel, in de regio Arnhem-Nijmegen, voor een sterke positie van deze regio's. Ook de regio's Leiden en Wageningen hebben naast een universiteit een concentratie aan onderzoeksinstituten en een combinatie van, in onderzoek actieve, grote bedrijven en relatief veel startende bedrijven op het gebied van de *life sciences*. Voor de regio's Amsterdam en Utrecht geldt dat zij, naast de aanwezigheid

van respectievelijk twee en één grote universiteiten, een redelijke mate van bedrijvigheid kennen op het gebied van onderzoekssamenwerking, evenals een aantal onderzoeksinstituten. Zo zijn het Nederlands Kanker Instituut en Sanquin Bloedvoorziening (beide gevestigd in Amsterdam) belangrijke actoren in het onderzoeksnetwerk van de *life sciences*. Voor de Utrechtse regio is dat bijvoorbeeld het RIVM.

Ook voor de *life sciences* blijft het ruimtelijke patroon door de tijd zeer stabiel. Regio's die in de eind jaren tachtig en begin jaren negentig als kennishub kunnen worden getypeerd, zijn dat nu nog steeds.

De regionale patronen van de *life sciences* en de *physical sciences* gaan steeds meer op elkaar lijken (convergentie), terwijl de regionale patronen van de verschillende technologieën steeds meer gaan verschillen (divergentie). Dit zou kunnen duiden op een ruimtelijke uitsortering, waarbij bepaalde regio's in toenemende mate hun positie als kennishub op het gebied van gerelateerde technologieën verstevigen.

Ruimtelijke schaalniveaus in onderzoekssamenwerking

Het ruimtelijke schaalniveau waarop onderzoekssamenwerking zich voordoet, is afhankelijk van het type relatie. Zo blijkt samenwerking tussen organisaties met een verschillende achtergrond (heterogene samenwerking) vaker plaats te vinden op een regionaal schaalniveau, terwijl homogene samenwerkingsrelaties (samenwerking tussen dezelfde soort organisaties) vaker internationaal plaatsvinden. Ruimtelijke nabijheid lijkt hiermee een belangrijke faciliterende rol te spelen voor succesvolle samenwerking tussen organisaties met een verschillende institutionele achtergrond.

Splitsen we de verschillende vormen van onderzoekssamenwerking nader uit, dan blijkt met name de samenwerking tussen overheidsinstellingen en wetenschappelijke instellingen een relatief sterk regionaal karakter te hebben. De samenwerkingsrelaties tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen daarentegen doen zich vooral voor op nationaal niveau, terwijl die tussen wetenschappelijke instellingen tot slot een zeer sterk internationaal karakter hebben.

Ruimtelijke nabijheid blijkt voor de onderzoekssamenwerking binnen de op *life sciences* gebaseerde technologieën belangrijker te zijn dan binnen de andere technologieën. Voor alle vormen van samenwerking binnen de *life sciences* heeft reistijd een negatief effect op de intensiteit van die samenwerking. Beschouwen we dit nader, dan blijkt ruimtelijke nabijheid vooral een belangrijke rol te spelen bij samenwerkingsrelaties waarbij overheidsinstellingen betrokken zijn. Voor de andere vormen van onderzoekssamenwerking lijkt ruimtelijke nabijheid niet van bijzonder groot belang te zijn binnen Nederland.

Voor de op *physical sciences* gebaseerde technologieën lijkt ruimtelijke nabijheid nog van veel minder belang te zijn. Voor de samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen onderling en tussen bedrijven en overheids-

instellingen in deze categorie heeft reistijd zelfs geen enkel effect op de intensiteit van de samenwerking.

Aandachtspunten voor het beleid

Onderzoekssamenwerking vormt een cruciale factor voor innovatie in potentievolle sectoren als de biotechnologie en de informatie- en communicatietechnologie. Het stimuleren van onderzoekssamenwerking vormt dan ook een belangrijk onderdeel van het beleid dat de concurrentiekracht van regio's en van Nederland als geheel wil verbeteren, zoals onder andere beschreven in de nota *Pieken in de Delta*, de *Industriebrief* en het *Actieplan Life Sciences*.

Onderzoekssamenwerking is evenwel sterker internationaal georiënteerd dan regionaal. Dat is een van de conclusies die uit deze studie duidelijk naar voren komt. Dit internationale karakter betekent niet dat kennis zal weglekken; in potentie profiteren Nederlandse organisaties immers eveneens van deze samenwerking met het buitenland. Het feit dat onderzoekssamenwerking zo sterk internationaal is gericht, betekent wel dat de kennisgedreven sectoren niet optimaal gebaat zijn bij een beleid dat zijn pijlen alleen richt op de regio. Voorbijgaan aan het belang van internationale kennisrelaties betekent voorbijgaan aan de ruimtelijkeconomische realiteit.

Regionaaleconomisch beleid dat zwaar inzet op netwerkvorming in onderzoek, geeft bovendien weinig garantie voor succes. Samenwerking tussen het bedrijfsleven en wetenschappelijke instellingen blijkt immers geen specifiek regionaal karakter te hebben, maar speelt zich vooral af op het nationale schaalniveau. De regionale dimensie van innovatiesystemen moet in dit verband niet worden overschat.

De belangrijkste knopen van de kennisnetwerken concentreren zich in een beperkt aantal regio's. Dat is een andere conclusie van deze studie. De structuur van deze netwerken is stabiel, zeker vanaf het midden van de jaren negentig van de vorige eeuw. De regio's die eenmaal een hub zijn, blijven dat. Bovendien komen er geen nieuwe hubs bij.

Er kunnen dus duidelijk vraagtekens worden gezet bij het streven van kennisextensieve regio's om kennisgedreven sectoren als de biotechnologie tot speerpunt van hun beleid te maken. Het heeft voor een regio weinig zin om in te zetten op een functie als kennishub als hij dat nog niet is. Aansluiting zoeken bij reeds bestaande netwerken en kennishubs ligt dan eerder voor de hand. Een uitdaging voor beleidsmakers kan liggen in het stimuleren van samenwerking tussen regio's, opdat verschillende regionale initiatieven elkaar kunnen versterken.

Inleiding

INLEIDING

Aanleiding en achtergrond

Kennis en innovatie zijn van steeds groter belang voor de economie. Deze begrippen nemen dan ook een belangrijke plaats in binnen het ruimtelijkeconomische beleid op zowel lokaal als (inter)nationaal niveau. In Nederland wordt dit op rijksniveau ingevuld door de economische uitwerking van de *Nota Ruimte* (VROM), de nota *Pieken in de Delta* (EZ) en de oprichting van het Innovatieplatform. Op regionaal en lokaal niveau worden onder andere regionale innovatieplatforms opgericht. Er lijkt inmiddels geen regio of gemeente in Nederland te zijn die niet een ICT-cluster binnen haar grenzen wil hebben of het nieuwe Nederlandse centrum voor *life sciences* wil zijn.

Deze focus op kennis en innovatie kan, zeker op rijksniveau, worden gezien als een zekere trendbreuk binnen de historie van het Nederlandse ruimtelijkeconomische beleid. Vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw lag het accent in dit beleid namelijk op een ruimtelijke herverdeling van de welvaart. Door middel van bijvoorbeeld investeringspremieregelingen trachtte men de economische dynamiek in regio's buiten de Randstad te stimuleren. Het beleid is zich meer gaan richten op de regionale dimensie van de werkgelegenheids-groei binnen innovatieve en hightechsectoren. De belangrijkste achterliggende doelstelling van het beleid is daarmee verschoven naar de versterking van de concurrentiekracht van Nederland als geheel door mogelijke knelpunten binnen de economische kernregio's weg te nemen. Daarmee kwamen andere mechanismen en andere regio's centraal te staan in het beleid.

De op wetenschap gebaseerde technologieën, zoals biotechnologie, kennen een grote economische potentie en nemen dan ook een belangrijke plaats in binnen het beleid. Sectoren waarbinnen deze technologieën een cruciale rol spelen, worden ook wel *science-based* sectoren genoemd (Pavitt 1984), omdat er sprake is van een sterke interactie tussen wetenschap en innovatie. In plaats van de Engelstalige term *science-based* zullen we in deze studie de term *kennisgedreven* gebruiken om deze sectoren te duiden. Ontwikkelingen binnen kennisgedreven sectoren hebben vaak grote uitstralingseffecten op andere sectoren. Zo tonen verschillende onderzoeken aan dat de economische groei van landen en regio's samenhangt met innovatie in deze sectoren (OECD 1996, 2001).

Het is dan ook niet verwonderlijk dat veel (regionale) beleidsmakers proberen in te zetten op clusters van hightechsectoren en de zogeheten *life sciences*. Bovendien hebben het ministerie van Economische Zaken en het Innovatieplatform deze sectoren aangewezen als zogenaamde sleuteltechnologieën, die vooral in regionale context moeten worden uitgebouwd tot 'economische pieken in de delta'.

Voor een succesvol beleid is het echter van belang inzicht te hebben in de mechanismen die op lokaal en (inter)nationaal niveau spelen. Opvallend is dat de werkgelegenheid en de innovatie zich in de kennisgedreven sectoren concentreren in een beperkt aantal regio's in de wereld, terwijl tegelijkertijd veel kennis- en marktrelaties juist internationaal van aard zijn (de 'global-local' paradox). Op basis van inzichten over welke mechanismen deze paradox veroorzaken, kunnen we bepalen wanneer ruimtelijk of juist generiek beleid voor de hand ligt.

Ruimtelijke dimensie van kennis en innovatie

Het Ruimtelijk Planbureau (Raspe e.a. 2004) besteedde als één van de eerste onderzoeksinstellingen aandacht aan de regionale en lokale dimensie van kennis en innovatie, gerelateerd aan economische groei. De wisselwerking tussen de internationale en regionale dimensie blijkt in het ruimtelijkeconomische onderzoek tot op heden echter een onderbelicht thema te zijn. Dit is opvallend omdat, zeker in het geval van de potentierijke kennisgedreven sectoren, kan worden aangenomen dat innovatieprocessen in een open economie als Nederland sterk worden beïnvloed door interactie met buitenlandse bedrijven en universiteiten. Er is sprake van een sterke internationale oriëntatie, waarbij bedrijven en kennisinstellingen over de hele wereld samenwerken en producten afzetten.

Tegelijkertijd concentreren deze bedrijven en kennisinstellingen zich ruimtelijk in een beperkt aantal regio's ('kennishubs'). Het is hierbij van belang te weten dat innovatie in deze sectoren vaak tot stand komt in nauwe samenwerking met de wetenschap. Zo zijn de ontwikkelingen in de biotechnologie en de moleculaire biologie onlosmakelijk met elkaar verbonden.

Samenwerking in onderzoek is hiermee een cruciale factor voor innovatie in kennisgedreven sectoren (Pavitt 1984, Canton e.a. 2005). Het stimuleren van samenwerking in onderzoek vormt dan ook een belangrijk onderdeel van het beleid dat de concurrentiekracht van regio's en van Nederland als geheel wil verbeteren. Naast samenwerking met kennisinstellingen zijn (kennis)-allianties tussen bedrijven een belangrijk kenmerk van deze sectoren. De ruimtelijke structuur van (internationale) kennisnetwerken lijkt hiermee een belangrijk mechanisme voor het gelijktijdig optreden van internationalisering en regionalisering binnen de kennisgedreven sectoren.

Veel regio's streven er met hun economische plannen dan ook naar hun positie binnen de internationale kennisnetwerken te verbeteren en tegelijkertijd de regionale inbedding van bedrijven en kennisinstellingen in de kennisgedreven sectoren te versterken. Zo presenteert de regio Leiden zich als een internationaal kenniscluster dat een middelpunt vormt in regionale, nationale en internationale kennisnetwerken in de *life sciences* (Leiden – Life meets Science 2005).

Vraagstelling

Nederlandse kennisnetwerken van kennisgedreven sectoren zijn nog maar zelden in kaart gebracht. Gezien de grote economische potentie die aan deze sectoren wordt toegedicht, kan dit verbazingwekkend worden genoemd. Hoe internationaal zijn deze netwerken en welke regio's van Nederland kunnen zich daadwerkelijk kennishubs noemen? Ons onderzoek richt zich op de wisselwerking tussen de regionale en lokale dimensie ten opzichte van de internationale dimensie van kennisnetwerken. De onderzoeksvraag luidt:

Wat is de ruimtelijke structuur van kennisnetwerken, en wat is hun dynamiek, (binnen de kennisgedreven technologieën) tussen Nederlandse regio's onderling en tussen Nederlandse regio's en het buitenland?

We onderzoeken deze vraag voor twee groepen sectoren: de op *life sciences* gebaseerde technologieën (agro- en pharmabiotechnologie) en de op *physical sciences* gebaseerde technologieën (zoals de halfgeleidertechnologie). Omdat de eerste groep technologieën relatief jong is en de tweede groep wat meer volwassen, kunnen de regionale patronen van netwerkvorming verschillen. Om een antwoord te kunnen geven op de algemene vraag, onderzoeken we de volgende deelvragen:

1. Hoe verhoudt zich in Nederland de regionale oriëntatie van kennisnetwerken in de kennisgedreven technologieën ten opzichte van de internationale oriëntatie?
2. Welke Nederlandse regio's vormen de brandpunten in het (inter)nationale netwerk van kennisgedreven technologieën?
3. Hoe ontwikkelen regionale kennisnetwerken zich door de tijd?
4. Verschillen de ruimtelijke structuur en de dynamiek van kennisnetwerken van verschillende technologieën (*life sciences* en *physical sciences*)?
5. Fungeren universiteiten als scharnier tussen (inter)nationale samenwerking met andere universiteiten en het lokale bedrijfsleven?
6. Hoe afstandsgoed is de onderzoekssamenwerking tussen universiteiten, andere onderzoeksinstellingen en bedrijven in de kennisgedreven technologieën binnen Nederland?

Opbouw en werkwijze

Beleidsmakers leggen een grote belangstelling aan de dag voor kennisgedreven sectoren. Die belangstelling komt voort uit de grote economische potentie en de opvallende ruimtelijke dynamiek van deze sectoren. In het volgende hoofdstuk zullen we aangeven waarom innovaties in juist deze sectoren als bijzonder potentievol worden gezien. Vervolgens zullen we dieper ingaan op de aard van de innovatieprocessen in deze sectoren, en hun ruimtelijke aspecten. Dit hoofdstuk presenteert de theoretische achtergrond van deze studie en een onderbouwing voor de verdere werkwijze binnen het onderzoek.

Om het ruimtelijke patroon van relaties te kunnen analyseren, zijn gegevens noodzakelijk over de interactie tussen actoren: universiteiten, bedrijven en overige kennisinstellingen en organisaties. In deze studie hebben we die gegevens geconstrueerd door gezamenlijke publicaties van organisaties in wetenschappelijke tijdschriften te inventariseren. Publicaties gelden in deze sectoren in het algemeen als een indicator voor succesvol onderzoek. Aan de hand van de adresgegevens van de organisaties waar de auteurs werkzaam zijn, hebben we vervolgens het ruimtelijke patroon van de samenwerkingsrelaties geanalyseerd voor de periode 1988–2004. Dit is gedaan voor acht technologievelden: de landbouw- en voedselchemie, de biotechnologie, de organische fijnchemie (de op *life sciences* gebaseerde technologieën), de informatietechnologie, de optische technologie, de halfgeleidertechnologie en de telecommunicatietechnologie (de op *physical sciences* gebaseerde technologieën) en de analyse-, meet- en controletechnologie (als ‘snijvlaktechnologie’). Deze technologievelden staan ook centraal in het nationale technologiebeleid (Ez 2005 – Industriebrief).

In het derde hoofdstuk, ‘Trends in samenwerking in onderzoek’, verwoorden we de keuze voor copublicaties als indicator evenals de selectie van de technologievelden. Tevens geven we in dit hoofdstuk aan hoe belangrijk de verschillende ruimtelijke schaalniveaus zijn en hoe sterk de internationale dimensie is. Ook gaan we in op de verschillende soorten organisaties die samenwerken in onderzoek.

In het vierde hoofdstuk, ‘De kennishubs van Nederland: een netwerkanalyse’, gaan we dieper in op de ruimtelijke structuur van de kennisnetwerken binnen Nederland en de positie van de verschillende regio’s hierbinnen. Ook gaan we in op de dynamiek van de netwerken door de tijd en de mate waarin er regionale overeenkomsten zijn tussen verschillende technologieën.

In het vijfde hoofdstuk, ‘Determinanten van het ruimtelijk patroon van samenwerking’, kijken we of bepaalde vormen van samenwerking een sterker regionaal of internationaal karakter hebben, en wat de invloed is van ruimtelijke nabijheid op de intensiteit van de samenwerking tussen en binnen regio’s.

Het slothoofdstuk biedt een synthese, waarbinnen de antwoorden op de geformuleerde deelvragen aan bod komen. Ook gaan we in dat hoofdstuk in op de consequenties van de onderzoeksresultaten voor het beleid.

Kennisgedreven sectoren

Inleiding

In dit hoofdstuk bieden we een overzicht van de internationale literatuur op het gebied van kennisnetwerken en hun internationale dan wel regionale dimensie. Aan de hand daarvan gaan we dieper in op de relatie tussen innovatie in kennisgedreven (*science-based*) sectoren en de ruimtelijke dynamiek daarbinnen. Zo willen we verduidelijken wat het belang is van verschillende ruimtelijke schaalniveaus voor de groei van deze sectoren.

Allereerst kijken we naar de relatie tussen kennis, technologie en economische groei. Vervolgens gaan we in op de verschillen in innovatieprocessen tussen sectoren, en de karakteristieken van de kennisgedreven sectoren. Tot slot onderzoeken we het verband tussen deze karakteristieken en de ruimtelijke dynamiek binnen deze sectoren.

Het belang van kennisgedreven sectoren

Kennis en technologische ontwikkeling zijn centrale factoren als het erom gaat de economische groei en de regionale verschillen daarin, te verklaren. Solow (1956) introduceerde technologische ontwikkeling in de neoklassieke groeitheorie als een *exogene* variabele. In de nieuwe groeitheorie (Romer 1986; Lucas 1988) daarentegen vormt technologische ontwikkeling een *endogene* variabele, waarbij kennisontwikkeling, kennisaccumulatie en kennisverspreiding een centrale rol spelen bij economische groei. Schumpeter (1942) benadrukte al dat creatieve destructie en daarmee (radicale) innovatie de belangrijkste bronnen van economische ontwikkeling zijn. Zijn ideeën werden verder ontwikkeld door Nelson & Winter (1982), die technologische verandering en innovaties een centrale plaats toekennen binnen de evolutionaire economie. Waar de neoklassieke theorie zich richt op evenwichtssituaties als uitgangspunt voor economische verschijnselen, staan binnen deze evolutionaire theorie veranderingsprocessen centraal, en binnen het evolutionaire groeimodel kennis en technologische ontwikkeling.

Via de toename van nieuwe technologische mogelijkheden kan wetenschappelijk onderzoek van grote invloed zijn op de economische groei. Klevorick e.a. (1995: 189) stellen dan ook dat: 'the most powerful and, over the long run, almost certainly most important source of new technological opportunities has been the advance of scientific knowledge.' Ontwikkelingen in de wetenschap zijn vaak nauw verwant aan de ontwikkeling van nieuwe technologieën, die een grote impact kunnen hebben op een groot deel van de economie. Deze nieuwe technologieën, ook wel *generalpurposetechnologieën*

genoemd, komen vaak voort uit innovaties in kennisgedreven (*science-based*) sectoren en worden door velen gezien als de belangrijkste motor voor economische groei op de lange termijn (Bresnahan & Trajtenberg 1996; Helpman 1998; Helpman & Trajtenberg 1998). Dit komt doordat ontwikkelingen in deze sectoren vaak een belangrijke impuls geven aan vernieuwingen in andere sectoren. Zo heeft de opkomst van de informatie- en communicatietechnologie een groot scala aan vernieuwingen mogelijk gemaakt in de zakelijke dienstverlening en de logistiek.

Van een lineair naar interactief innovatiemodel

Traditioneel wordt de relatie tussen wetenschap, technologische ontwikkeling en economische groei als een lineair model beschouwd. Het centrale uitgangspunt hierbij is dat wetenschappelijk onderzoek via toegepast onderzoek leidt tot nieuwe producten of diensten, die vervolgens succesvol op de markt kunnen worden gebracht (Bush 1945). De relatie tussen wetenschappelijk onderzoek en innovatie is echter complex. Het lineaire innovatiemodel is dan ook heftig bekritiseerd. De belangrijkste kritiek heeft betrekking op het feit dat er geen aandacht is voor de *feedback* van latere op de eerdere fasen. Zo heeft de markt, die in het lineaire model de laatste fase vormt, een bijzonder grote invloed op de ontwikkeling en het al dan niet slagen van een technologie.

In het interactieve model (Kline & Rosenberg 1986; Nelson 1990), dat inmiddels algemeen wordt onderkend, is het uitgangspunt daarom dat nieuwe kennis voortbouwt op bestaande kennis en dat interactie en samenwerking tussen diverse actoren een belangrijk onderdeel zijn van het leerproces. Een succesvolle innovatie is het gevolg van leereffecten die ontstaan in dit proces van interactie. Dit betekent dat niet alleen de technologische ontwikkeling wordt beïnvloed door wat er in de markt speelt, maar ook dat wetenschappelijke kennisproductie kan worden gestimuleerd door de kennis en het instrumentarium die zijn ontwikkeld binnen het bedrijfsleven. Deze wederzijdse beïnvloeding van technologie en wetenschap werd in 1984 al opgemerkt door DeSolla Price. En Waltz (1984) geeft aan dat de kennis die in de chemische industrie werd opgedaan op het gebied van verfstoffen, de basis legde voor een aantal belangrijke nieuwe ontwikkelingen in de moderne scheikunde.

Sectorale verschillen in innovatie en kennisgedreven industrie

Processen van innovatie verschillen sterk per sector (Malerba & Orsenigo 1997), en hiermee ook de rol van wetenschap binnen dat proces. Nelson & Winter (1982) introduceren het begrip 'technologisch regime' om verschillen tussen sectoren op het gebied van innovatieprocessen en de onderliggende kennis te verklaren. De (deels) sectoraal gebonden technologische omgeving (regime) van bedrijven bepaalt voor een groot gedeelte de aard van het leerproces van een bedrijf en daarmee de patronen van innovatie in een sector. Technologische regimes verschillen van elkaar in de specifieke combinatie

van eigenschappen van het innovatieproces: de technologische mogelijkheden, de mate waarin er cumulatieve leerprocessen zijn, en de aard van de onderliggende kennis ofwel de kennisbasis (*knowledge base*; Dosi 1988). Deze kennisbasis kan bestaan uit kennis opgedaan uit continue interactie met klanten en toeleveranciers, maar ook uit wetenschappelijke kennis; dit kan per sector verschillen. Laestadius (1998) maakt een tweedeling naar een analytische kennisbasis (*analytical knowledge base*) en een 'samenvoegende' kennisbasis (*synthetic knowledge base*).

Binnen sectoren met een samenvoegende kennisbasis vindt innovatie plaats op basis van bestaande kennis of door die bestaande kennis te combineren tot nieuwe kennis. Dit gebeurt als reactie op de specifieke problemen die worden gesignaleerd tijdens de interactie met klanten en toeleveranciers. Nieuwe kennis is hier over het algemeen niet het gevolg van fundamenteel of wetenschappelijk onderzoek, maar van inductieve processen als testen, computersimulaties en experimenteren. Het innovatieproces is gericht op de efficiëntie en betrouwbaarheid van nieuwe oplossingen en op het verbeteren van het nut en het gebruiksgemak van producten voor klanten; een goed voorbeeld is de softwaresector (Weterings 2006). Een dergelijk incrementeel innovatiepatroon vindt voornamelijk plaats in bestaande bedrijven; spin-offs komen hier relatief weinig voor (Asheim & Gertler 2004).

Binnen sectoren met een analytische kennisbasis daarentegen is nieuwe kennis in het algemeen gebaseerd op cognitieve en rationele processen of formele modellen. Fundamenteel en toegepast onderzoek en de systematische ontwikkeling van nieuwe producten en processen vormen belangrijke onderdelen binnen het innovatieproces. Naast eigen R&D door het bedrijf zelf vormt wetenschappelijk onderzoek een belangrijke bron van nieuwe kennis. Samenwerking tussen bedrijven en wetenschappelijke kennisproducten is dan ook van groot belang. Dat een dergelijke samenwerking veel frequenter plaatsvindt in deze sectoren dan in sectoren met een samenvoegende kennisbasis, zal niet verbazen. Innovaties betreffen vaak nieuwe producten en processen, die ook relatief vaker als radicaal kunnen worden gezien en daarmee een impuls geven aan de ontwikkeling van zogeheten *generalpurposetechnologieën*.

Nieuw opgerichte bedrijven en spin-offs vormen een belangrijk traject, waarbinnen innovatieve toepassingen van nieuwe kennis tot stand kunnen komen (Asheim & Gertler 2004).

Pavitt (1984) maakt een indeling van industriële sectoren die niet alleen verschillen in de bronnen van technologie en kennis meeneemt, maar ook de verschillen in de eisen die de gebruikers van innovatie (de markt) stellen en de verschillen in de mate waarin en de wijze waarop bedrijven zich de innovatie kunnen toe-eigenen (patenten, geheimhouding). Op basis van deze kenmerken maakt hij een onderscheid tussen *supplier orientated* sectoren, *production intensive* sectoren en *science-based* sectoren, ofwel: op toeleveranciers georiënteerde sectoren, productie-intensieve sectoren en kennisgedreven sectoren.

Onder de op toeleveranciers georiënteerde sectoren worden die sectoren verstaan waarin de innovaties over het algemeen voortkomen uit de interactie met de toeleveranciers van machines of materialen. Binnen deze sectoren wordt nauwelijks R&D uitgevoerd en weinig gepatenteerd. Voorbeelden zijn de textielindustrie, de kleding- en schoenenindustrie en de landbouw.

Binnen de productie-intensieve sectoren is de eigen R&D van bedrijven in combinatie met de interactie met toeleveranciers de belangrijkste bron voor zowel proces- als productinnovatie. Hierbinnen kunnen we nog een onderscheid maken tussen 'schaalintensieve productiesectoren' (automobiël-industrie) en gespecialiseerde toeleveranciers (machine-industrie). Geheimhouding, patenten en technologische voorsprong zijn de belangrijkste manieren waarop bedrijven zich innovaties toe-eigenen.

Binnen de kennisgedreven sectoren is eigen R&D een belangrijke bron van innovatie voor een bedrijf. In deze sectoren is R&D gebaseerd op wetenschappelijke kennis en op ontwikkelingen binnen de wetenschap; deze R&D wordt dan ook regelmatig uitgevoerd in samenwerking met wetenschappelijke kennisinstellingen zoals universiteiten. Patenten en de voorsprong als gevolg van het 'de eerste zijn' met een bepaalde innovatie zijn, als gevolg van de relatief hoge snelheid van innovatieprocessen, de belangrijkste manieren waarop bedrijven zich innovaties kunnen toe-eigenen. Pavitt (1984) onderscheidt de chemie en de elektronica als kennisgedreven sectoren. Marsili (2001) maakt een onderscheid tussen op *life sciences* dan wel *physical sciences* gebaseerde sectoren. Onder de eerste categorie vallen de farmaceutische industrie en biotechnologie; onder de tweede de computerindustrie, de elektronica-industrie, telecommunicatie en 'instrumenten' (bijvoorbeeld meet- en analyseapparatuur). Marsili (2001) geeft aan dat innovatie in de kennisgedreven sectoren vaak wordt geïnspireerd door de groei van technologische mogelijkheden. De groei van deze mogelijkheden hangt sterk samen met de ontwikkelingen in de wetenschap.

Wetenschappelijke kennis en wetenschappelijke kennisinstellingen spelen binnen innovatieprocessen in de kennisgedreven sectoren dus duidelijk een directere rol dan in andere sectoren. Voor niet-kennisgedreven sectoren vindt de interactie tussen wetenschap en bedrijfsleven vooral plaats op indirecte wijze. Omdat de belangrijkste wetenschappelijke instellingen de universiteiten zijn, die hooggekwalificeerde werknemers voor het bedrijfsleven opleiden, is er sprake van een (indirect) interactiemechanisme (Dasgupta & David 1994; Lambooy 2004).

Binnen de kennisgedreven sectoren bestaat er juist een intensieve onderzoekssamenwerking tussen bedrijven en wetenschappelijke kennisinstellingen. Ook zijn de bedrijven in deze sectoren vaak zelf actief als het gaat om het doen van wetenschappelijk onderzoek. Rosenberg (1990) analyseert de verschillende redenen waarom bedrijven zelf aan wetenschappelijk onderzoek doen en waarom ze hierover publiceren.

In de eerste plaats doen bedrijven zelf wetenschappelijk en fundamenteel onderzoek om zogeheten *first-mover advantages* te kunnen creëren. Wan-

neer een bedrijf als eerste over nieuwe kennis beschikt, kan het immers een unieke concurrentiepositie krijgen ten opzichte van (potentiële) concurrenten. Met dit voordeel kunnen kennisgedreven bedrijven zich tegelijkertijd nieuwe kennis en innovaties toe-eigenen. De voordelen van de nieuwe en zelf verworven (wetenschappelijke) kennis worden in deze situatie door de bedrijven als waardevoller beschouwd dan de mogelijke nadelen als gevolg van (onbewuste) kennisspillovers en de kosten van het onderzoek.

Een tweede belangrijke reden waarom bedrijven zelf wetenschappelijk onderzoek uitvoeren, heeft te maken met het feit dat nieuwe kennis niet zomaar toegankelijk is voor iedereen. Investeren bedrijven in onderzoek, dan investeren ze tegelijkertijd in *absorptive capacity* (Cohen & Levinthal 1989): de mate waarin een bedrijf in staat is om nieuwe (externe) kennis te verwerven en te gebruiken voor eigen innovaties.

Deze twee redenen verklaren weliswaar waarom bedrijven investeren in wetenschappelijk onderzoek, maar nog niet waarom ze deze kennis ook publiceren. Rosenberg (1990) geeft aan dat het publiceren van onderzoeksresultaten in wetenschappelijke tijdschriften kan worden beschouwd als een toegangsticket tot het netwerk van wetenschappelijke kennis. Cohen & Levinthal (1990) wijzen erop dat de capaciteit van organisaties om zelf kennis te verwerven geen substituuut is voor het leren en het gebruiken van externe kennis. Het doen van wetenschappelijk en fundamenteel onderzoek binnen een bedrijf levert nieuwe kennis op en verhoogt tegelijkertijd de capaciteit om externe kennis te absorberen. Omdat het voor bedrijven onmogelijk is om alle benodigde kennis zelf te genereren (Nelson 1990), zijn deze hiervoor aangewezen op samenwerking met andere. Binnen de kennisgedreven sectoren zijn universiteiten en andere kennisinstellingen belangrijke partners hiervoor, omdat zij de soort kennis produceren die bedrijven nodig hebben. Maar om samen te werken met kennisinstellingen moet een bedrijf zelf ook wetenschappelijk actief zijn. Om te kunnen profiteren van de netwerken van wetenschappelijke kennis moet een bedrijf daarin ook zelf deelnemen. Kortom: door de resultaten van wetenschappelijk onderzoek te publiceren, wordt een bedrijf 'lid' van die wetenschappelijke wereld.

De interactie tussen kennisinstellingen, bedrijven en overheidsinstellingen in de kennisgedreven sectoren is de afgelopen jaren toegenomen. Hierbij is een grote verscheidenheid aan hybride samenwerkingsrelaties ontstaan tussen bedrijven en wetenschappelijke kennisinstellingen, zoals universiteiten (Etkowitz & Leyesdorff 2000). Zo geven Cockburn & Henderson (1998) aan dat de farmaceutische industrie een duidelijke tweezijdige relatie kent tussen wetenschappelijke kennisproducenten en bedrijven: 'the relationship between public and private sectors is not well described by a simple 'waterfall' model in which the public sector produces knowledge that spills over costless to downstream researchers. Private sector results sometimes have importance for public sector work...' (pp. 179-180).

Gibbons e.a. (1994) beschrijven dit fenomeen als 'the new mode of the production of scientific knowledge', ook wel Mode 2 genaamd, waarbij verschillen tussen publiek gefinancierd onderzoek en R&D bij bedrijven nauwelijks meer aanwezig zijn. Op deze analyse is echter ook aanzienlijke kritiek, omdat de verschillen tussen wetenschappelijk onderzoek en bedrijfsmatige R&D in kennisgedreven sectoren altijd al gering zijn geweest. Tegelijkertijd lijken Gibbons e.a. (1994) voorbij te gaan aan het feit dat bedrijven en kennisinstellingen nog steeds fundamenteel verschillen in de redenen waarom zij onderzoek doen.

Etzkowitz & Leyesdorff (2000) verwijzen naar de toenemende samenwerking tussen kennisinstellingen, overheden en bedrijven als de *Triple-Helix of university-industry-government relations*. Hierbinnen zijn innovatie en op onderzoek gebaseerde nieuwe wetenschappelijke kennis de uitkomst van samenwerking en interactie in een continu veranderend netwerk van overheden, kennisinstellingen en bedrijven. Een belangrijke consequentie hiervan kan zijn dat het overheidsbeleid in sommige gevallen een nieuwere invulling krijgt. Zo zijn overheidsinstellingen in bepaalde sectoren in toenemende mate een samenwerkingspartner in onderzoek en ontwikkeling. Maar ook kan de overheid, naast de faciliterende rol die ze traditioneel vervult, de rol krijgen van kennismakelaar om de interactie tussen verschillende soorten organisaties te stimuleren.

Samenvattend kunnen we constateren dat de intensieve wederzijdse samenwerking en interactie tussen bedrijfsleven en wetenschap een belangrijk kenmerk zijn voor innovatie in kennisgedreven sectoren. Interactie en verschillende feedbackmechanismen tussen wetenschappelijke instellingen, bedrijven en overheid vormen cruciale elementen binnen het innovatieproces. Een nog weinig onderzochte vraag betreft de ruimtelijke dimensies van deze samenwerking en interactie binnen de verschillende fasen van dit innovatieproces. Deze komen aan de orde in de volgende paragraaf.

De ruimtelijke aspecten van innovatie in kennisgedreven sectoren

In deze paragraaf gaan we nader in op de ruimtelijke dynamiek van innovatie in kennisgedreven sectoren. Hierbij is een tweedeling gemaakt naar ruimtelijk schaalniveau. Eerst bespreken we de relatie tussen ruimtelijke nabijheid en innovatie en vervolgens de internationale component.

Ruimtelijke nabijheid, kennisproductie en kennisuitwisseling

Innovatie en werkgelegenheidsgroei in kennisgedreven sectoren kennen een opmerkelijke ruimtelijke concentratie. In de literatuur worden daar verschillende oorzaken voor gegeven, die vaak onder de noemer van agglomeratievoordelen worden geschaard. Agglomeratievoordelen zijn voordelen die bedrijven halen uit een ruimtelijke concentratie van soortgelijke bedrijven en kennisinstellingen en/of een grote diversiteit van verschillende bedrijven en kennisinstellingen (zie onder anderen Van Oort 2004). Hierbij gaat het

niet alleen om kostenvoordelen maar ook om voordelen die uit kennispillovers worden behaald: voordelen die bedrijven kunnen verkrijgen wanneer andere bedrijven en kennisinstellingen, al dan niet bewust, kennis laten 'weglekken'.

De invloed van ruimtelijke nabijheid tot kennisinstellingen op de innovativiteit van bedrijven is een belangrijk onderzoeksthema binnen de economische geografie. Zo concluderen diverse auteurs (waaronder Jaffe 1989; Jaffe e.a. 1993; Audretsch & Feldman 1996; Acs 1992 2002) dat (wetenschappelijke) kennispillovers een beperkte ruimtelijke reikwijdte hebben. De meeste auteurs stellen dit empirisch vast met behulp van de kennisproductiefunctie, waarbij ruimtelijke verschillen in de input in kennisproductie (zoals de uitgaven voor wetenschappelijk onderzoek) als verklaring worden gebruikt voor ruimtelijke verschillen in kennis of in de innovatie-output (zoals het aantal patenten). Wanneer input en output ruimtelijk met elkaar in samenhang worden gebracht, geeft dit een indicatie van de *localised knowledge spillovers*. Het ruimtelijk samenvallen van verschillen in input en output wordt hierbij als indirecte indicator gebruikt voor de aanwezigheid van kennispillovers.

Die beperkte ruimtelijke reikwijdte van kennispillovers wordt vooral verklaard door het stilzwijgende (*tacit*) karakter van kennis. Kennispillovers zijn het gevolg van een proces van 'leren'; een proces dat binnen de evolutionaire economie (Nelson & Winter 1984) als een proces wordt gezien van *trial and error*, padafhankelijkheid en bovenal interactie met andere actoren. Stilzwijgende kennis (*tacit knowledge*) wordt uitgewisseld middels *face-to-face* contacten en frequente interactie. Nabijheid bevordert interactie, en nabijheid tot wetenschappelijke kennisproducenten bevordert de onderlinge uitwisseling en spreiding van kennis. Voor de innovativiteit van bedrijven lijkt het dus voordelig wanneer zij zich in de ruimtelijke nabijheid van kennisproducenten, zoals universiteiten, bevinden.

Het belang van de regio binnen processen van kennisontwikkeling en innovatie wordt ook benadrukt in het concept van de regionale innovatiesystemen (Cooke & Morgan 1998; Braczyck e.a. 2003). Innovatie en technologische vernieuwing vinden volgens deze benadering plaats binnen een systeem van regionale actoren, zoals overheden, bedrijven en kennisinstellingen als universiteiten. De mate van interactie binnen een regio tussen het kennisproducerende en het kennisabsorberende systeem – dat kennis omzet in innovatie – vormt een belangrijke oorzaak voor de ruimtelijke verschillen in innovatie.

Recentelijk hebben diverse auteurs (Breschi & Lissoni 2003; Singh 2005) getracht de mechanismen achter de gelokaliseerde kennispillovers te analyseren aan de hand van de ruimtelijke patronen van sociale netwerken. Daarbij stellen zij de interactiepatronen centraal, en daarmee sociale nabijheid. Dit in tegenstelling tot eerder onderzoek, waarin men deze interactie slechts aanneemt in het geval van ruimtelijke correlatie tussen kennisinputs en innovatie-outputs.

Uitgangspunt binnen deze benadering is dat (stiltwijgende) kennisuitwisseling plaatsvindt binnen netwerken van personen (gebonden aan bedrijven en instellingen), die informeel verbonden zijn, bijvoorbeeld door een gezamenlijke kennisachtergrond, ervaring en interesse. Door deze informele verbondenheid is het gemakkelijk om (stiltwijgende) kennis te delen, en is de neiging hiertoe ook groter. Doordat deze netwerken niet per definitie geografisch gebonden zijn, hoeft ruimtelijke nabijheid op zichzelf geen factor meer te zijn voor de verklaring van ruimtelijke verschillen in kennis en innovatie. Toch zijn veel sociale netwerken wél ruimtelijk geconcentreerd, aangezien ruimtelijke nabijheid de vorming van dit netwerk en de interactie binnen het netwerk positief beïnvloedt. Een belangrijk deel van deze sociale netwerken tussen organisaties komt tot stand door arbeidsmobiliteit van personen tussen organisaties. Arbeidsmobiliteit doet zich veelal voor op regionale schaal; datzelfde geldt daarmee voor de sociale netwerken. Breschi & Lissoni (2003) geven dan ook aan dat ruimtelijke nabijheid misschien wel dient als *proxy* voor ruimtelijk geconcentreerde sociale netwerken van mensen die kennis uitwisselen.

Samenvattend: de interactie tussen kennisgedreven bedrijven en kennisinstellingen vindt voornamelijk plaats op een regionaal niveau, doordat de ruimtelijke reikwijdte van kennispillowers die samenhangt met het stiltwijgende karakter van (sommige, mensgebonden) kennis, beperkt is én doordat sociale netwerken zich ruimtelijk concentreren. Door de snelle ontwikkelingen in deze sectoren is het voor bedrijven van groot belang dat zij toegang hebben tot nieuwe kennis. Gezien de aanwezigheid van gelokaliseerde kennispillowers kan dit een belangrijke verklaring zijn waarom innovatie en bedrijvigheid in kennisgedreven sectoren zich ruimtelijk concentreren.

Internationalisering en kennisgedreven sectoren

Anders dan de kennisgedreven bedrijven werken wetenschappelijke kennisinstellingen veel minder in een regionale context. Naast scholing, zoals in het geval van de universiteiten, ligt hun primaire doel in het bijdragen aan de wetenschappelijke kennis. De productie en diffusie daarvan vinden voornamelijk plaats in internationale kennisnetwerken, waarbinnen regio's en steden sterk uiteenlopende posities innemen. Bepaalde regio's functioneren als centrale punten in deze netwerken en kunnen worden gezien als kennishubs. De vraag is uiteraard in hoeverre een regio in economische zin van die hubfunctie kan profiteren. Immers, de actoren die de structuur van deze netwerken bepalen, kunnen relatief zelfstandig van hun regionale context functioneren.

Castells (1996) wijst erop dat internationale netwerken van kennis, kapitaal en mensen in toenemende mate van belang zijn als structurerend mechanisme voor de ontwikkeling van regio's en steden. De ontwikkeling van regio's zou niet zozeer worden beïnvloed door regiospecifieke eigenschappen (de *spaces of places*), maar steeds sterker door de positie die een regio inneemt in internationale netwerken (de *spaces of flows*).

Het belang van internationale relaties voor de regionale economische ontwikkeling blijft niet beperkt tot kennisgedreven sectoren. Simmie (2003) geeft aan dat de meest innovatieve regio's in Engeland een sterke regionale kennisbasis combineren met een hoge mate van verbondenheid met vergelijkbare regio's, zowel op nationale als op internationale schaal. Een sterke positie in de regionale, nationale en internationale kennisnetwerken lijkt hierbij cruciaal voor de concurrentiekracht van bedrijven en regio's. De toenemende mate waarin deze verbondenheid met netwerken op verschillende ruimtelijke schaalniveaus invloed heeft op het presteren van regio's, geeft aan hoe belangrijk het is de positie van de regio's in deze netwerken te analyseren (Maggioni & Uberti 2005).

Het ruimtelijke patroon van kennis en innovatie in de biotechnologie bestaat volgens diverse auteurs uit concentratie van innovatie in enkele *nodes of excellence*, die met elkaar verbonden zijn door globale netwerken van kennisuitwisseling (Cooke 2001; Feldman 2001). Regio's die in kennisnetwerken als hub kunnen worden beschouwd, zouden hier ook de hotspots van innovatie vormen. Dit kan belangrijke implicaties hebben voor mogelijk overheidsbeleid. Het stimuleren van regionale innovatie in kennisgedreven sectoren dient zich dan ondermeer te richten op het stimuleren van regionale en internationale interactie binnen netwerken.

Er zijn evenwel structurele verschillen tussen wetenschappelijk onderzoek en kennisontwikkeling voor innovatie binnen het bedrijfsleven (David & Dasgupta 1994; Frenken 2002). Gittelman & Kogut (2004) verwoorden het als volgt: '...the logic of scientific discovery does not adhere to the same logic that governs the development of new technologies'. Daardoor wordt er ook wel gesproken van twee verschillende 'werelden' als het gaat over wetenschap en bedrijfsleven, met elk hun eigen regels en structuur. Deze werelden verschillen op ten minste twee, fundamentele, manieren.

Het eerste belangrijke verschil tussen onderzoek binnen de wetenschap en onderzoek binnen het bedrijfsleven is het achterliggende doel, en daardoor de incentivestructuur. Wetenschappelijk onderzoek heeft als hoofddoel het vooruit helpen van de wetenschap door nieuwe kennis te creëren over een bepaald onderwerp. Diffusie van nieuwe kennis vormt zo een belangrijk element binnen de wetenschappelijke wereld. De incentivestructuur is dan ook expliciet gericht op het publiceren van nieuwe kennis in wetenschappelijke artikelen. Daarentegen heeft het bedrijfsleven als belangrijkste achterliggende doel van onderzoek het creëren van waarde op basis van nieuwe kennis (David & Dasgupta 1994). Om die reden willen bedrijven, in tegenstelling tot kennisinstellingen, de diffusie van nieuwe kennis over het algemeen juist tot een minimum beperken.

Een tweede belangrijk verschil is de 'aard' van de kennis en de context waarbinnen de productie en diffusie hiervan plaatsvinden. Wetenschap is georganiseerd rond een internationaal discours en nieuwe kennis wordt geproduceerd en verspreid middels publicaties binnen een internationale epistemische gemeenschap ('epistemic community'): een groep actoren die

als gemeenschappelijk doel beogen kennis over een bepaald onderwerp te vermeerderen. Een belangrijk kenmerk van deze gemeenschappen is dat ze worden gekenmerkt door een gemeenschappelijk raamwerk dat de onderlinge communicatie moet vergemakkelijken (Cowan e.a. 2000; Cohendet & Meyer-Krahmer 2001). Nieuwe kennis dient volgens de standaarden van dit raamwerk gecodificeerd te worden, zodat alle leden van de gemeenschap hier toegang toe hebben en deze kennis kunnen begrijpen. Deze codificatie maakt de kennis in principe ook toegankelijk voor mensen buiten die gemeenschap. In de praktijk blijkt dit echter moeilijk; om de nieuwe kennis te kunnen begrijpen en ervan te leren, moet men immers het 'codeboek' kunnen lezen. De belangrijkste factor voor samenwerking in wetenschappelijk onderzoek is dus het kunnen begrijpen van dit codeboek, en daarmee het lid zijn van de wetenschappelijke gemeenschap. Ruimtelijke nabijheid speelt hierbij nauwelijks een rol.

De ontwikkeling van kennis in het bedrijfsleven is daarentegen meer toegespitst op het oplossen van bepaalde bedrijfsspecifieke problemen; het is daarmee geworteld in een meer 'lokale' context. Het belang van codificatie is veel kleiner en het stilzwijgende karakter van de kennis veel hoger. Samenwerking in kennisontwikkeling en kennisuitwisseling tussen bedrijven kent daarom vaak een meer regionaal karakter. Immers, het belang van wederzijds vertrouwen en *face-to-face* contacten is groter, en daarmee ruimtelijke nabijheid (Gertler 2003).

De hierboven beschreven kenmerken van wetenschappelijke kennisproductie verklaren in belangrijke mate waarom de wetenschappelijke kennisnetwerken zo internationaal georiënteerd zijn. Door de manier waarop de productie en diffusie van wetenschappelijke kennis plaatsvinden, speelt ruimtelijke nabijheid slechts een beperkte rol binnen de onderzoekssamenwerking. Als gevolg hiervan zijn de theoretische inzichten uit de economische geografie over ruimtelijke clustering van kennis en innovatie slechts van beperkte waarde als het erom gaat de ruimtelijke patronen van wetenschappelijke kennisproductie te verklaren.

Een belangrijke uitzondering zou hier de samenwerking tussen wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke organisaties kunnen zijn. In het geval van samenwerking in onderzoek tussen wetenschap en bedrijfsleven leiden de hierboven beschreven fundamentele verschillen tussen wetenschap en bedrijfsleven tot complexe problemen op het gebied van eigendom, diffusie en inhoud (zie ook Canton e.a. 2005). Door deze complexiteit is het vaak onmogelijk, of bijzonder kostbaar, om alle aspecten van de samenwerking formeel vast te leggen. Deze samenwerking hangt daardoor voor een belangrijk deel af van minder formele mechanismen, zoals wederzijds vertrouwen, om de risico's op opportunisme te verkleinen. Ruimtelijke nabijheid kan hierbij een faciliterende rol spelen, doordat zij *face-to-face* contacten en frequente interactie positief beïnvloedt en voor wederzijds vertrouwen kunnen zorgen. Doordat deze aspecten een veel kleinere rol spelen als het gaat om samenwerking in wetenschappelijk onderzoek tussen dezelfde soort

organisaties, zoals tussen universiteiten, speelt ruimtelijke nabijheid daar nauwelijks een rol. Boschma (2005) geeft aan dat ruimtelijke nabijheid een compenserende (faciliterende) rol kan hebben als er sprake is van institutionele en cognitieve verschillen tussen organisaties, en omgekeerd: dat institutionele en cognitieve nabijheid tussen organisaties samenwerking over lange afstand mogelijk maken.

Synthese

Kennisgedreven sectoren hebben vanwege het *general-purpose* karakter van innovaties in deze sectoren een grote (potentiële) bijdrage aan de economische groei. Het is dan ook niet verwonderlijk dat deze sectoren een grote belangstelling genieten van beleidsmakers in binnen- en buitenland. Vanuit een ruimtelijk oogpunt vertonen deze sectoren een interessante dynamiek: een gelijktijdige regionalisering én internationalisering. Internationale relaties spelen een belangrijke rol, maar slechts tussen een beperkt aantal regio's. Innovatie en werkgelegenheidsgroei in deze sectoren zijn sterk regionaal geconcentreerd.

Theoretische inzichten uit de economische geografie geven aan dat het bestaan van gelokaliseerde kennispillovers een belangrijke oorzaak kan zijn van deze regionale concentratietendenzen. De internationale focus ontstaat juist door het grote belang dat wetenschappelijke kennis heeft voor innovatie in kennisgedreven sectoren. De productie en diffusie van wetenschappelijke kennis vinden plaats in internationale netwerken. Deze sterke internationale oriëntatie van wetenschap en fundamenteel onderzoek hangt sterk samen met het feit dat wetenschap plaats vindt binnen zogeheten epistemische gemeenschappen met een gemeenschappelijke 'taal'.

Het sterke internationale karakter van wetenschappelijk en fundamenteel onderzoek en het regionale karakter van kennispillovers kan een belangrijke verklaring vormen voor de eerder aangehaalde *global-local paradox* in kennisgedreven sectoren. Als de productie en diffusie van wetenschappelijke kennis plaatsvinden in internationale netwerken en de spillovers van organisaties in deze netwerken ruimtelijk geconcentreerd zijn, kan de positie van een regio in wetenschappelijke kennisnetwerken er in belangrijke mate toe bijdragen dat in kennisgedreven sectoren ruimtelijke verschillen ontstaan ten aanzien van innovatie. Onderzoek en beleid besteden met name veel aandacht aan het regionale karakter van deze kennispillovers, waarmee de internationale kant onderbelicht lijkt. Omdat we ons in dit onderzoek juist richten op de ruimtelijke structuur van wetenschappelijke kennisnetwerken, zullen we hierna op deze kennislacune ingaan.

Trends in onderzoeks- samenwerking

Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we nader in op het gebruik van copublicaties als indicator voor onderzoekssamenwerking en op de trends op dat gebied. Allereerst beschrijven we de voor- en nadelen van copublicaties als indicator, en lichten we de keuze voor deze indicator toe. Voor acht kennisgedreven (*science-based*) technologievelden hebben we voor de periode van 1988–2004 copublicaties geselecteerd uit relevante wetenschapsgebieden, die zijn ingebed in enkele beleidsmatige aandachtsgebieden (Ez 2004). De keuze voor deze technologievelden: landbouw- en voedselchemie, analyse-, meet- en controletechnologie, biotechnologie, informatietechnologie, optische technologie, organische fijnchemie, halfgeleidertechnologie en de telecomsector, lichten we ook nader toe.

Vervolgens schetsen we hoe het totaal aantal copublicaties en individuele publicaties in deze technologieën zich door de tijd heeft ontwikkeld. Daarna bespreken we hoe we de data over de copublicaties hebben bewerkt om te komen tot de ruimtelijke patronen van samenwerking die in het vervolg van deze studie nader worden geanalyseerd. Per technologieveld geven we aan hoe het aantal samenwerkingsrelaties zich door de tijd heeft ontwikkeld. Tevens splitsen we de samenwerkingsrelaties uit naar het aandeel van verschillende typen organisaties in het totaal aantal samenwerkingsrelaties: wetenschappelijke instellingen, bedrijven en overheidsorganisaties. In de voorlaatste paragraaf staat het ruimtelijke patroon van onderzoekssamenwerking centraal. Tot slot vatten we de belangrijkste uitkomsten van dit hoofdstuk samen.

Copublicaties als indicator voor onderzoekssamenwerking

De focus van dit onderzoek ligt op de zogenaamde kennisgedreven sectoren en technologieën. Zoals eerder aangegeven, hebben deze sectoren als belangrijk kenmerk dat wetenschappelijk onderzoek een essentiële bron voor innovatie vormt. Publicaties in wetenschappelijke tijdschriften worden vaak gezien als een goede indicator van de hoeveelheid aan en intensiteit van onderzoekssamenwerking in deze sectoren (Frenken 2002). Publicaties worden hiernaast gezien als een indicator voor de output van succesvol wetenschappelijk onderzoek: *peer reviewers* achten de resultaten van voldoende kwaliteit om te worden gepubliceerd (CWTS 2005). Copublicaties kunnen zo worden gezien als een indicator voor succesvolle samenwerking in wetenschappelijk onderzoek.

Een belangrijke vraag is uiteraard hoe betrouwbaar deze indicator is en wat er precies mee wordt gemeten. Ten eerste meten copublicaties slechts een deel van alle samenwerking die plaatsvindt op het terrein van het (wetenschappelijk) onderzoek. Niet al het onderzoek is succesvol en leidt tot resultaten die gepubliceerd kunnen worden; copublicaties geven dus alleen een beeld van de succesvolle samenwerkingsrelaties. Ook worden andere vormen van samenwerking niet gemeten. Hier is echter tegen in te brengen dat het aanemelijk is dat aan een copublicatie altijd andere vormen van samenwerking, zoals informele kennisuitwisseling, ten grondslag liggen. Indirect meet de indicator copublicaties deze achterliggende vormen van samenwerking dus wel. Deze kunnen dan worden gezien als het 'formele product van een informeel proces van samenwerking' (Garvey & Griffith 1972).

Ten tweede is het zo dat met name samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen en bedrijven vaak niet tot gezamenlijke publicaties leiden. Formele samenwerkingsmechanismen, zoals copublicaties, vormen vaak slechts de top van de ijsberg als het gaat om samenwerking tussen bedrijven en kennisinstellingen (OECD 2000). Dit is weergegeven in figuur 1. In deze figuur staan boven de verticale lijn veel voorkomende formele samenwerkingsmechanismen tussen wetenschap en bedrijfsleven en onder de verticale lijn veel voorkomende informele interactiemechanismen. De breedte van de 'ijsberg' geeft de frequentie van de verschillende samenwerkingsmechanismen binnen de OECD-landen weer. Om een goed beeld te krijgen van de volledige interactie tussen wetenschap en bedrijfsleven vormen copublicaties dan ook een te beperkte indicator. Met de focus op copublicaties alleen is de kans groot dat de samenwerking tussen de wetenschap en het bedrijfsleven wordt onderschat.

Hoewel we ons van dit nadeel bewust zijn, beschouwen we de copublicaties voor het doel van ons onderzoek toch als een goede indicator. Aangezien we ons in deze studie richten op het ruimtelijke patroon van onderzoekssamenwerking binnen kennisgedreven technologieën en deze kennis wetenschappelijk van aard is, is het logisch dat we een indicator kiezen die daadwerkelijk wetenschappelijke kennis meet. Dat doen we aan de hand van copublicaties op organisatieniveau. De onderliggende aanname hierbij is dat een publicatie waarbij meerdere organisaties betrokken zijn, aangeeft dat er sprake is geweest van samenwerking tussen deze organisaties en dat deze hiervan op enigerlei wijze profijt hebben gehad. Doordat wetenschappelijke publicaties unieke gegevens bevatten over de namen en adressen van de organisaties waarbij de auteurs betrokken zijn, kunnen we op basis van deze adresgegevens het ruimtelijke patroon van publicaties en copublicaties analyseren. Hiernaast is het mogelijk om de patronen over een langere tijdsperiode te volgen; in het geval van andere indicatoren is dat vaak lastiger.

Selectie van de technologiegebieden en wetenschapsvelden

De belangrijkste bron van informatie over wetenschappelijke publicaties vormt het *Web of Science* van het bedrijf *the Institute of Scientific Information*

Figuur 1. Top van de ijsberg: formele samenwerkingsmechanismen tussen wetenschap en bedrijfsleven. Bron: bewerking OECD (2000)



(ISI). Het *Web of Science* bevat informatie over alle wetenschappelijke publicaties uit alle wetenschapsvelden vanaf 1988. Het ISI heeft voor de verschillende wetenschapsgebieden lijsten met tijdschriften samengesteld. Per wetenschapsveld kunnen alle publicaties in de desbetreffende tijdschriften worden opgevraagd. Het is niet mogelijk om dit op auteursniveau te doen, omdat auteurs en organisaties (waarvan het adres bekend is) in dat geval niet kunnen worden gekoppeld. Een publicatie met meerdere auteurs van dezelfde organisatie wordt dus niet meegenomen als copublicatie, terwijl een publicatie met één auteur die verbonden is aan meerdere organisaties wel als zodanig meetelt (Katz & Martin 1997).

We hebben de wetenschapsvelden geselecteerd op basis van de mate van interactie tussen een wetenschapsveld en een kennisgedreven technologie. In het EU-rapport *Linking Science to technology* (Verbeek e.a. 2002) zijn wetenschapsvelden middels een analyse van patentcitaten van wetenschappelijke artikelen gelinkt aan technologisch coherente patentklassen. Aan de hand van het aandeel citaten van wetenschappelijke artikelen in het totaal aantal citaten is vervolgens de wetenschapsintensiteit van elke technologie bepaald; daarmee is duidelijk welke technologieën als kennisgedreven kunnen worden beschouwd. Vervolgens is gekeken welke wetenschapsvelden (zoals gedefinieerd door het ISI) de meeste citaten krijgen per technologie. Ten slotte zijn deze resultaten via de zogenaamde Delphi-methode voorgelegd aan experts in het veld, die over het algemeen bevestigden dat de gevonden wetenschapsvelden het meest relevant zijn voor technologische innovatie in de kennisgedreven sectoren.

Voor deze studie hebben we acht kennisgedreven technologieën uitgekozen die voor Nederland van belang zijn, omdat rondom deze technologieën bedrijvigheid aanwezig is en omdat beleidsmakers deze technologieën als belangrijk ervaren voor de economie. Voor de periode 1988–2004 hebben we vervolgens van de relevante wetenschapsvelden per technologie alle publicaties met ten minste één Nederlands adres opgevraagd; in totaal betreft dit ongeveer 218.000 publicaties. Voor een specificatie van het aantal publicaties per technologieveld en de geselecteerde wetenschapsvelden per technologie; zie tabel 1.

Opvallend is dat er tussen een aantal technologievelden een zekere overlap bestaat. Er lijkt evenwel een tweedeling te bestaan tussen de op *life sciences* gebaseerde technologieën (landbouw- en voedselchemie, biotechnologie en organische fijnchemie) aan de ene kant en de op *physical sciences* gebaseerde technologieën (informatietechnologie, optische technologie, halfgeleider-technologie en telecommunicatietechnologie) aan de andere kant. De analyse-, meet- en controletechnologie (waaronder wetenschappelijke apparatuur en meetinstrumenten) is gebaseerd op sterk uiteenlopende wetenschapsvelden. In het vervolg van deze studie zullen we de tweedeling tussen op *life sciences* gebaseerde technologieën en op *physical sciences* gebaseerde technologieën vaker gebruiken, omdat we veronderstellen dat de technologievelden binnen deze brede categorieën meer aan elkaar gere-

1. Zoals gedefinieerd door het Institute for Scientific Information.

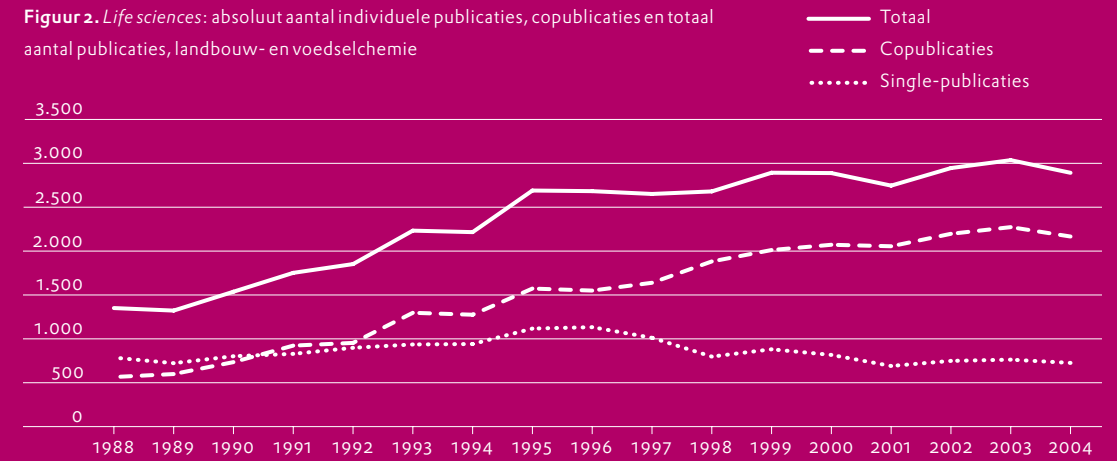
Tabel 1. De relevante wetenschapsvelden¹ voor technologische innovatie in de acht geselecteerde technologieën en in het totaal aantal publicaties per technologie voor de periode 1988–2004. Bron: Verbeek e.a. (2002)

Landbouw- en voedselchemie (<i>n</i> =40.369)	Optische technologie (<i>n</i> =16.499)
Biochemistry & Molecular Biology	Optics
Plant Sciences	Electrical & Electronical Engineering
Microbiology	Applied Physics
Genetics & Heredity	Polymer Science
Food Science & Technology	
Agriculture Dairy & Animal Science	
Nutrition & Dietetics	
Analyse-, meet- en controletechnologie (<i>n</i> =31.175)	Organische fijnchemie (<i>n</i> =46.504)
Biochemistry & Molecular Biology	Biochemistry & Molecular Biology
Applied Physics	Organic Chemistry
Instruments & Instrumentation	Pharmacology & Pharmacy
Electrical & Electronical Engineering	Immunology
Immunology	Genetics & Heredity
Analytical Chemistry	Microbiology
Biotechnologie (<i>n</i> =43.250)	Halfgeleider-technologie (<i>n</i> =16.289)
Biochemistry & Molecular Biology	Electrical & Electronical Engineering
Microbiology	Physics Condensed Matters
Genetics & Heredity	Crystallography
Immunology	Applied Physics
Virology	Nuclear Science and Technology
Biophysics	Material Science
Biotechnology & Applied Microbiology	
Informatietechnologie (<i>n</i> =8.184)	Telecommunicatietechnologie (<i>n</i> =14.158)
Electrical & Electronical Engineering	Electrical & Electronical Engineering
Computer Applications	Telecommunications
Computer Cybernetics	Optics
Telecommunications	Applied Physics
Acoustics	Computer Applications
	Computer Cybernetics

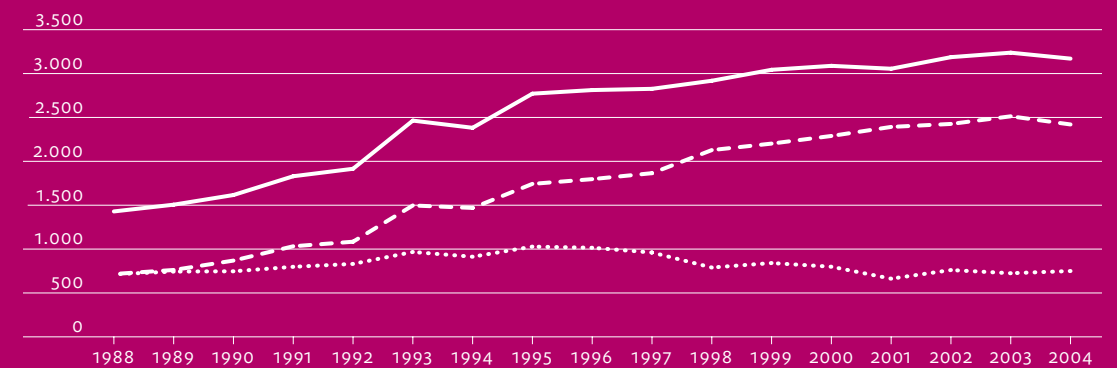
lateerd zijn dan ertussen (vergelijk Frenken e.a. 2004). Zodoende brengen we het aantal dimensies van de wetenschapsvelden terug tot twee goed te interpreteren dimensies.

Vervolgens hebben we uit dit totaalbestand alle publicaties met twee of meer organisaties geselecteerd. Het is interessant om te zien hoe de individuele publicaties en copublicaties zich tot elkaar verhouden en hoe deze verhouding door de tijd verandert. In figuur 2–9 zijn voor de periode 1988–2004 de ontwikkeling van het totaal aantal publicaties en de onderverdeling naar individuele publicaties en copublicaties weergegeven. In het algemeen valt op dat voor elke technologie het totaal aantal publicaties door de tijd duidelijk toeneemt. Hiernaast is een duidelijke groei zichtbaar van het aantal copublicaties, zowel in absolute zin als gerelateerd aan het aantal individuele publicaties. Deze relatieve groei is interessant omdat deze aangeeft dat de stijging van het aantal gezamenlijke publicaties niet alleen het gevolg is van een stijging van het totaal aantal publicaties (waarbij de verhouding individuele publicaties – copublicaties gelijk blijft). Er blijkt ook sprake te zijn van een structurele trend, waarbij onderzoekssamenwerking tussen organisaties steeds belangrijker wordt. De hier gesignaleerde trend is in lijn met de internationale literatuur (Katz & Martin 1997; Wagner 2005)

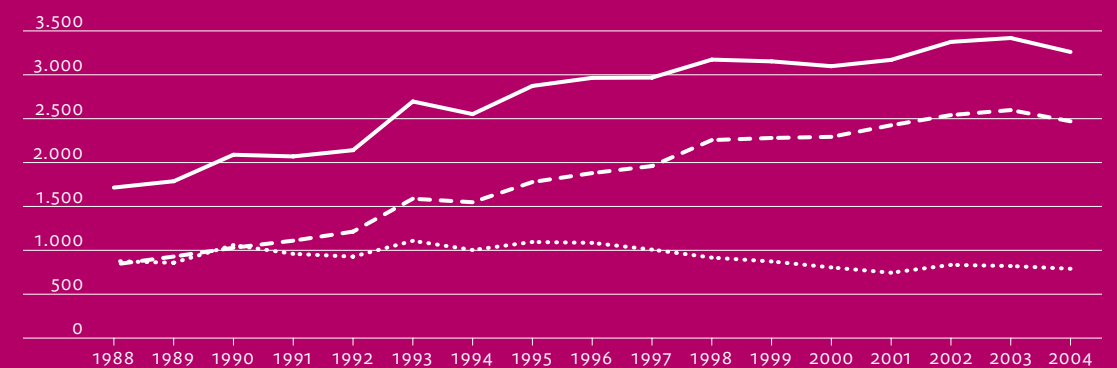
Figuur 2. *Life sciences*: absoluut aantal individuele publicaties, copublicaties en totaal aantal publicaties, landbouw- en voedselchemie



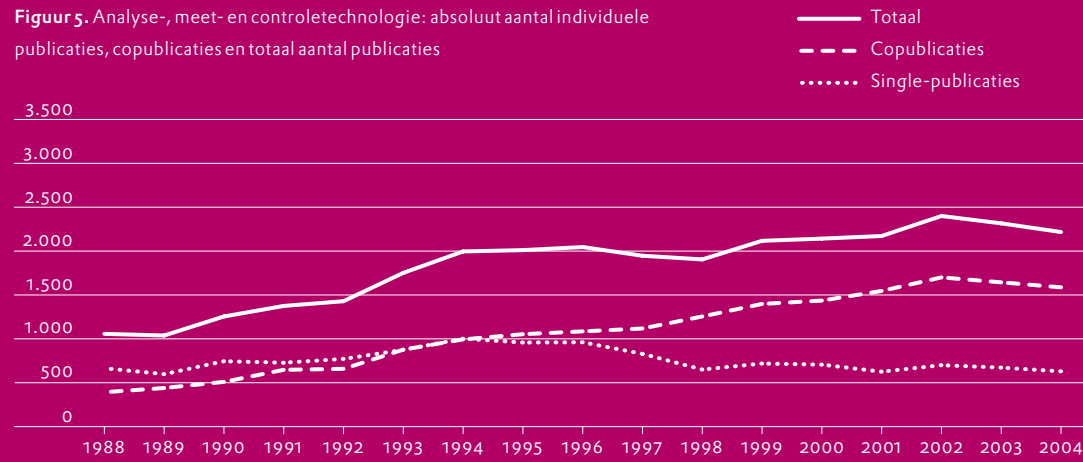
Figuur 3. *Life sciences*: absoluut aantal individuele publicaties, copublicaties en totaal aantal publicaties, biotechnologie



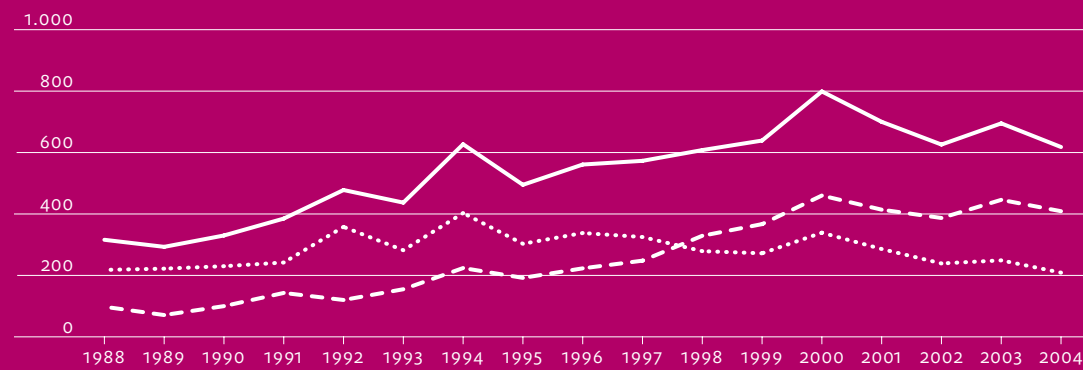
Figuur 4. *Life sciences*: absoluut aantal individuele publicaties, copublicaties en totaal aantal publicaties, organische fijnchemie



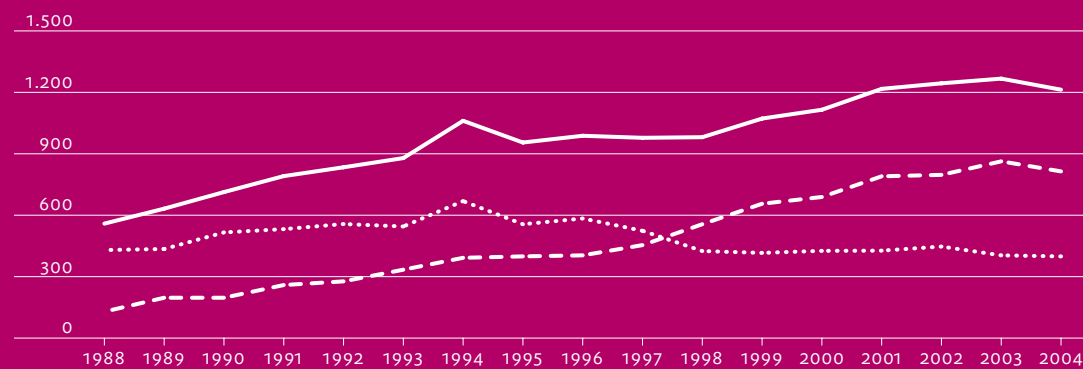
Figuur 5. Analyse-, meet- en controletechnologie: absoluut aantal individuele publicaties, copublicaties en totaal aantal publicaties



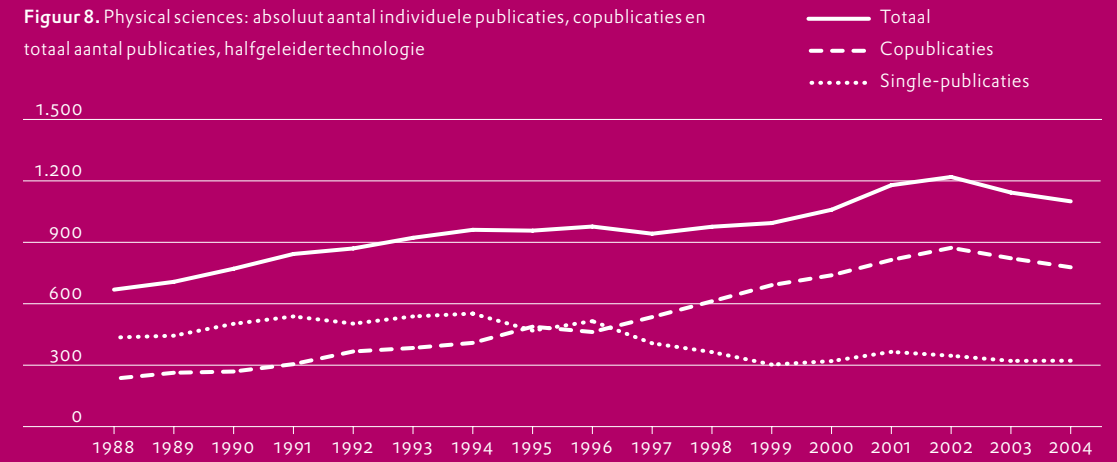
Figuur 6. Physical sciences: absoluut aantal individuele publicaties, copublicaties en totaal aantal publicaties, informatietechnologie



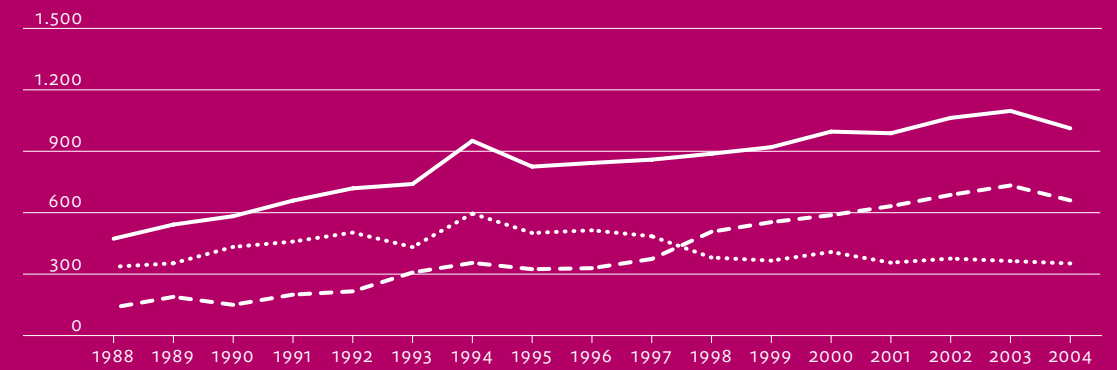
Figuur 7. Physical sciences: absoluut aantal individuele publicaties, copublicaties en totaal aantal publicaties, optische technologie



Figuur 8. Physical sciences: absoluut aantal individuele publicaties, copublicaties en totaal aantal publicaties, halfgeleider technologie



Figuur 9. Physical sciences: absoluut aantal individuele publicaties, copublicaties en totaal aantal publicaties, telecommunicatie



Van copublicaties naar samenwerkingsrelaties

Op basis van het aantal copublicaties analyseren we hier de samenwerkingsrelaties binnen en tussen regio's. Een copublicatie bestaat uit meerdere samenwerkingsrelaties indien er meer dan twee organisaties bij betrokken zijn. Een copublicatie met n organisaties heeft dan $n*(n-1)/2$ samenwerkingsrelaties. Werken in een copublicatie meer dan twee organisaties ($n > 2$) samen, dan kunnen we die vervolgens op twee manieren wegen: middels de *fractional count* en middels de *full-distinct count* (Mairesse & Turner 2005). Bij de *fractional count* heeft elke copublicatie hetzelfde gewicht, verdeeld over alle auteurs/organisaties. Het gewicht van alle samenwerkingsrelaties telt op tot 1, waardoor bij een copublicatie met een groot aantal organisaties het relatieve gewicht van elke bilaterale samenwerking gering is. Bij de *full-distinct count* heeft elke samenwerking hetzelfde gewicht en heeft een copublicatie een hoger gewicht naarmate er meer organisaties/auteurs bij betrokken zijn. Omdat we ons in dit onderzoek richten op de samenwerking in wetenschappelijke kennisproductie tussen verschillende actoren en niet op een analyse van de copublicaties op zich, hebben we gekozen voor de methode van *full-distinct count*.

Op basis van de adresgegevens hebben we de samenwerkingsrelaties geaggregeerd naar coropniveau. Nederland telt veertig coropregio's (zie bijlage 1 voor een overzicht); deze zijn gebaseerd op de regionale arbeidsmarkten. Breschi & Lissoni (2003) hebben laten zien dat de arbeidsmarkt en sociale netwerken van kennisuitwisseling over het algemeen op dit, relatief lage, ruimtelijke schaalniveau zijn georganiseerd. Naast coropregio's worden ook hogere ruimtelijke schaalniveaus, zoals de provincie en het landsdeel, geanalyseerd. Op basis van de organisatiennaam is een onderscheid gemaakt naar wetenschappelijke instellingen, die als primair doel het doen van wetenschappelijk onderzoek hebben (universiteiten, academische ziekenhuizen en KNAW/NWO-instellingen), bedrijven (alle organisaties met een winstoogmerk) en overheids- en non-profitinstellingen (RIVM, TNO, het Nederlands Kanker Instituut enzovoorts). Onder deze laatste categorie vallen in principe alle organisaties die een ander primair doel hebben dan wetenschappelijk onderzoek of het maken van winst, maar waarvoor het doen van wetenschappelijk onderzoek wel een belangrijke rol speelt. In het vervolg zullen we deze organisaties voor het gemak scharen onder de noemer overheidsinstellingen.

In tabel 2 is het aandeel copublicaties in het totale aantal publicaties, het absolute aantal copublicaties, het gemiddelde aantal organisaties per copublicatie en het aantal samenwerkingsrelaties per technologie weergegeven. Hierbij moet worden bedacht dat er is gecorrigeerd voor organisaties die ten onrechte als verschillende organisaties zijn aangemerkt (Universiteit Utrecht en University of Utrecht worden bijvoorbeeld als verschillende organisaties gezien) en voor organisaties waarvan hetzij de achtergrond (academische instelling, bedrijf of overheidsorganisatie) hetzij de locatie niet te achterhalen was.

Tabel 2. Aantal copublicaties en samenwerkingsrelaties

Technologie	Aandeel copublicaties in totaal aantal publicaties	Aantal copublicaties	Gemiddeld aantal organisaties per copublicatie	Totaal aantal samenwerkingsrelaties
Landbouw- en voedsel-chemie	63,8%	25.767	3,26	56.606
Analyse-, meet- en controletechnologie	58,8%	18.340	3,06	35.317
Biotechnologie	67,5%	29.204	3,33	65.286
Informatietechnologie	55,2%	4.091	2,81	6.932
Optische technologie	49,7%	8.184	2,72	12.687
Organische fijnchemie	66,1%	30.736	3,29	68.076
Halfgeleidertechnologie	55,5%	9.045	2,84	14.830
Telecommunicatie-technologie	49,0%	6.943	2,75	10.920

Hierboven constateerden we een duidelijke stijging van het aantal copublicaties in alle technologievelden. Logischerwijs is deze stijging ook te zien in de ontwikkeling van het aantal samenwerkingsrelaties. Figuur 10 en 11 geven deze stijging weer.

Het aantal samenwerkingsrelaties is niet alleen toegenomen als gevolg van het grotere aantal copublicaties. Ook is er voor alle technologievelden een gestage stijging waar te nemen van het aantal organisaties per copublicatie. Figuur 12 toont het gemiddelde aantal organisaties per copublicatie. Wel dient hierbij te worden opgemerkt dat deze trend zich sterker voordoet in de op *life sciences* gebaseerde technologieën (landbouw- en voedselchemie, biotechnologie en organische fijnchemie) dan in de andere technologieën.

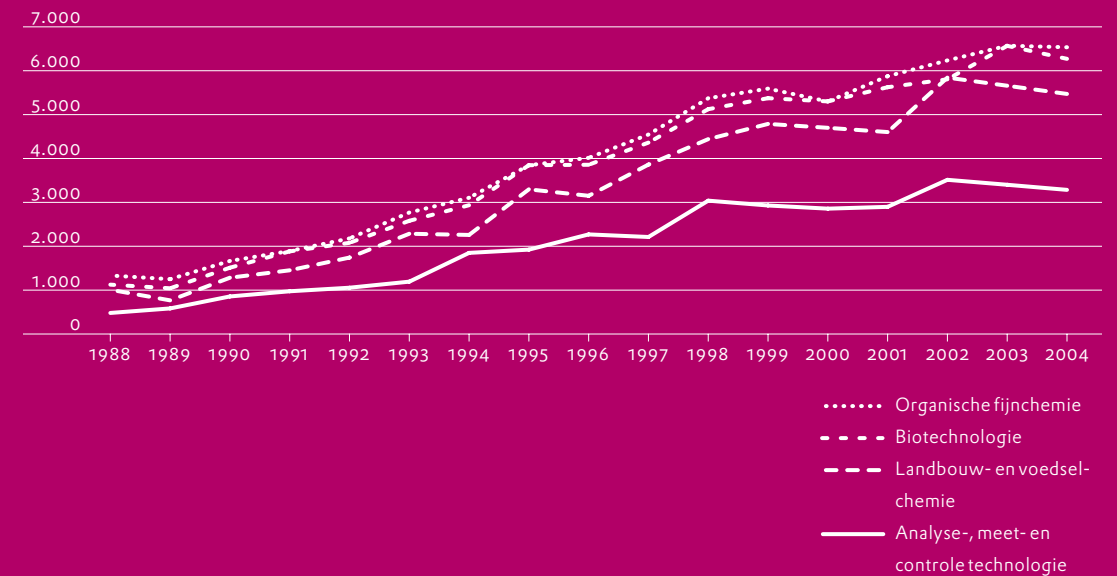
Etzkowitz & Leydesdorff (2000) signaleren een soortgelijke trend. Zij wijzen erop dat in wetenschapsgebieden die een directere link hebben met het bedrijfsleven, zoals de kennisgedreven sectoren, onderzoekssamenwerking een steeds vaker voorkomend fenomeen is. Enerzijds kan dit het gevolg zijn van een toenemende mate van arbeidsdeling in het onderzoek, die mede mogelijk wordt gemaakt door de sterk verbeterde communicatiemogelijkheden op het gebied van de informatie- en communicatietechnologie. De toename van de samenwerkingsrelaties is dan het gevolg van de toegenomen mogelijkheden om te profiteren van schaalvoordelen binnen het onderzoek.² Daarnaast wordt in de literatuur vaak verwezen naar de toenemende complexiteit binnen deze technologiegebieden, waardoor het voor veel organisaties onmogelijk wordt om zelfstandig op de hoogte te blijven van ontwikkelingen binnen hun sector of vakgebied. Samenwerking in onderzoek tussen bedrijven, overheidsinstellingen en kennisinstellingen wordt hierdoor een steeds vaker voorkomend fenomeen, waarbij risico wordt gespreid en uit een groter reservoir van deskundigen kan worden geput (Gibbons e.a. 1994; Etzkowitz & Leydesdorff 2000). Nadelen van deze 'outsourcing' van R&D is dat vertrouwen en afhankelijkheidsrelaties dienen te worden opgebouwd en geaccepteerd. Hiernaast bestaat het gevaar dat kennis weglekt naar rivaliserende bedrijven en onderzoeksgroepen.

Om een beeld te geven van het belang van de verschillende soorten organisaties in samenwerkingsverbanden is in figuur 13 een onderscheid gemaakt naar de verschillende vormen van samenwerking: tussen wetenschappelijke instellingen onderling, tussen bedrijven onderling, tussen overheidsinstellingen onderling, tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen, tussen wetenschappelijke instellingen en overheidsorganisaties en tussen bedrijven en overheidsorganisaties.

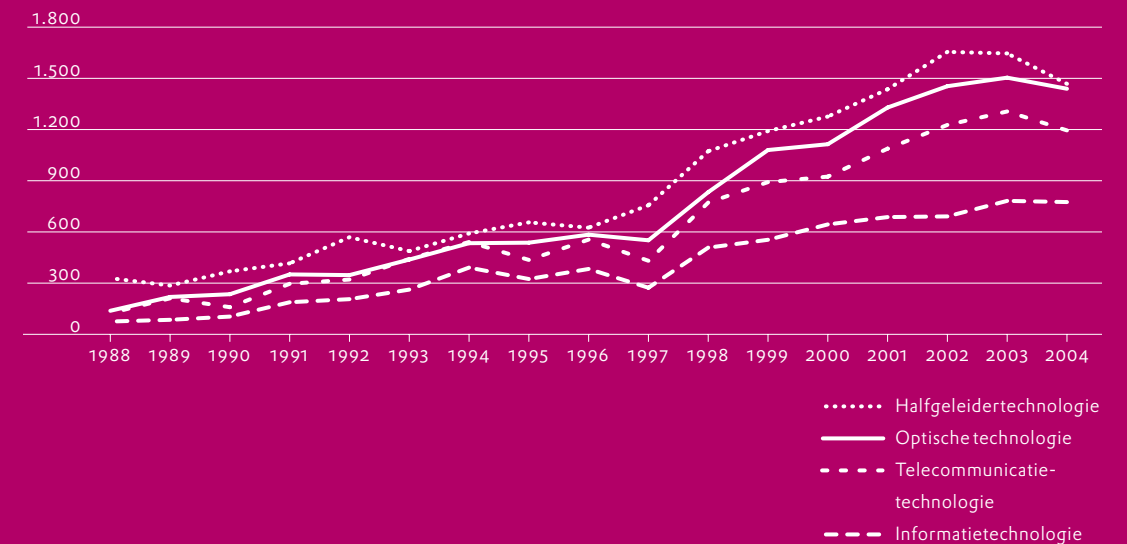
Het zal niet geheel verrassen dat samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen verreweg het vaakst voorkomt; het aandeel varieert van rond de 45 procent in het geval van de informatietechnologie tot iets minder dan 60 procent voor de halfgeleiderstechnologie. Wetenschappelijke instellingen, en met name universiteiten, zijn verreweg de belangrijkste 'producent' van wetenschappelijke kennis (NOW T 2005). Maar niet-wetenschappelijke organisaties spelen eveneens een belangrijke rol in de samenwerkingsrelaties

2. Onder schaalvoordelen wordt het principe verstaan dat de kosten per eenheid lager worden naarmate er schaalvergroting optreedt. Binnen onderzoeksgebieden waar grote en kostbare laboratoria en apparatuur een belangrijke rol spelen, kunnen deze schaalvoordelen zeker van belang zijn en daarmee mogelijk een deel vormen van de verklaring voor de toename in samenwerkingsrelaties (zie ook Van Oort e.a. 2006).

Figuur 10. *Life sciences*: ontwikkeling aantal samenwerkingsrelaties door de tijd



Figuur 11. *Physical sciences*: ontwikkeling aantal samenwerkingsrelaties door de tijd



binnen het wetenschappelijk onderzoek. De helft van alle samenwerkingsrelaties in wetenschappelijk onderzoek vindt niet plaats tussen wetenschappelijke instellingen onderling maar tussen wetenschappelijke instellingen en een bedrijf of overheidsinstelling of tussen twee niet-wetenschappelijke organisaties. Hierbij dient echter wel te worden opgemerkt dat zowel bedrijven als overheidsinstellingen met name samenwerken met wetenschappelijke instellingen en niet zozeer onderling. Dit suggereert dat wetenschappelijke instellingen ook zeer belangrijke actoren zijn in de vorming van onderzoeksnetwerken.

Hierbij bestaat een opvallend verschil tussen de *life sciences* en de *physical sciences*. Binnen de op *life sciences* gebaseerde technologieën is samenwerking tussen overheidsorganisaties veel belangrijker dan samenwerking tussen bedrijven en academische instellingen. Binnen de *life sciences* spelen, zowel in Nederland als in het buitenland, grote overheidsinstellingen zoals het Nationale Kanker Instituut en TNO (Nederland) en de *National Institutes of Health* (vs), vaak een belangrijke rol. Ook niet-academische ziekenhuizen binnen Nederland werken vaak samen in wetenschappelijk onderzoek (NOWT 2005). Hoewel het aandeel van de samenwerkingsrelaties tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen relatief laag is (rond vijf procent), komen deze in absolute zin binnen de *life sciences* wel vaak voor.

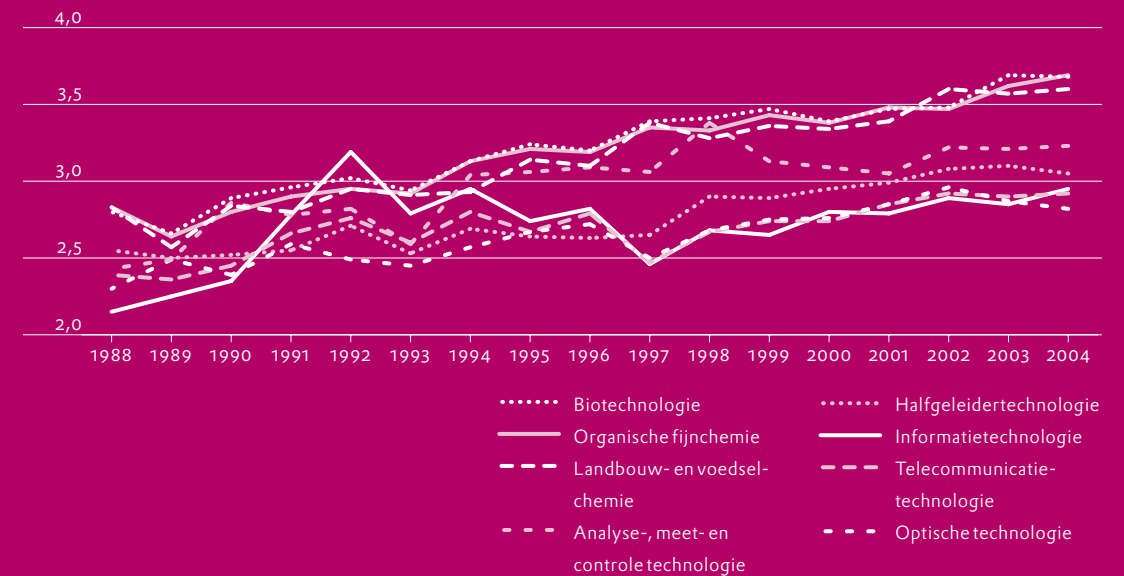
Binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën is het aandeel van de samenwerkingsrelaties tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen duidelijk hoger (rond 20 procent). Deze vorm van samenwerking komt binnen dit wetenschapsdomein, met uitzondering van de halfgeleider technologie, na wetenschappelijke samenwerking dan ook het meeste voor.

Het aandeel samenwerkingsrelaties tussen bedrijven onderling is in de meeste gevallen vrij laag. Dit wil echter niet zeggen dat bedrijven weinig samenwerken op het gebied van onderzoek. Integendeel, uit de internationale literatuur blijkt dat dit steeds vaker het geval is. Dat dit niet tot uiting komt in onze analyse, kan liggen aan de dominante positie van kennisinstellingen op het gebied van wetenschappelijk onderzoek. Een belangrijke oorzaak is waarschijnlijk ook dat samenwerking in onderzoek tussen bedrijven veel minder vaak leidt tot gezamenlijke publicaties; enerzijds omdat dit onderzoek misschien meer toegepast van aard is, anderzijds omdat er relatief weinig prikkels voor bedrijven zijn om dit te doen (zie ook hoofdstuk 'Ruimtelijke dynamiek in kennisgedreven sectoren').

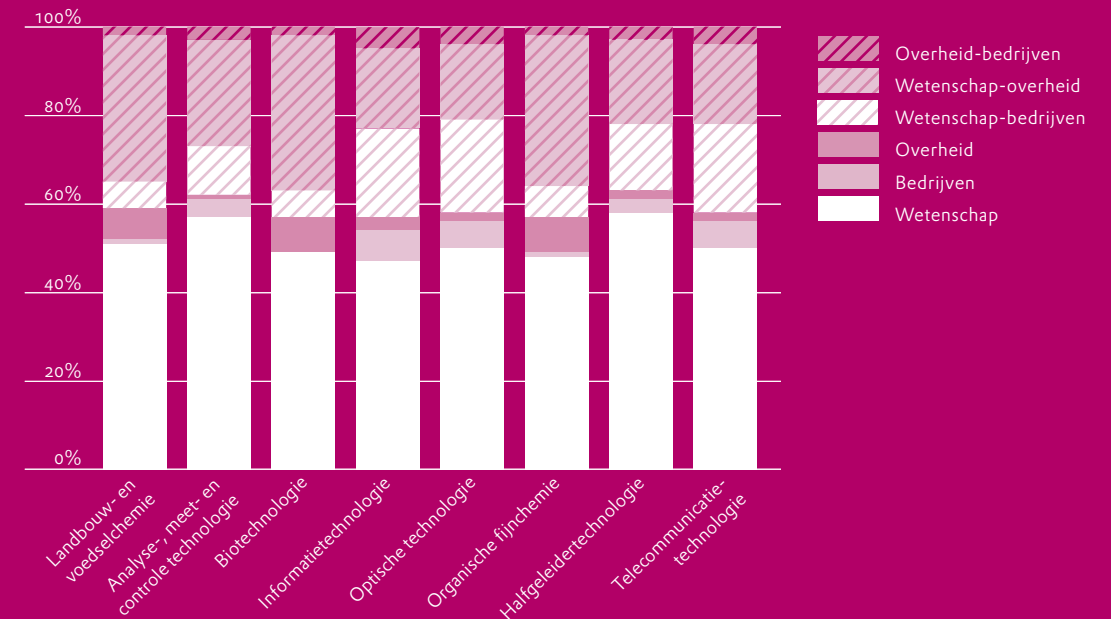
Ruimtelijke patronen van samenwerking

Zoals gezegd, bevatten wetenschappelijke publicaties unieke gegevens over de namen en adressen van de organisaties waarbij de auteurs betrokken zijn. Op basis van deze adresgegevens hebben we de samenwerkingsrelaties geaggregeerd naar coroniveau als het Nederlandse organisaties betreft en naar landsniveau in het geval van buitenlandse organisaties. Op basis hiervan kan het ruimtelijke patroon van de samenwerkingsrelaties in onderzoek worden gedestilleerd. Hoewel in het algemeen binnen de discipline van de eco-

Figuur 12. Aantal organisaties per copublicatie



Figuur 13. Belang van verschillende vormen van samenwerking per technologiegebied



nomische geografie wordt verondersteld dat ruimtelijke nabijheid een positief effect heeft op de samenwerking en de kennisuitwisseling tussen organisaties, is in het vorige hoofdstuk ('Kennisdreven sectoren') reeds gesteld dat het nog maar de vraag is in hoeverre deze inzichten ook van toepassing zijn op het wetenschappelijk onderzoek. Het feit dat wetenschappelijk onderzoek een sterke internationale focus heeft en plaatsvindt binnen een internationaal netwerk rondom een specifiek vakgebied, maakt de kans groot dat onderzoekssamenwerking ook relatief vaak op internationale schaal zal plaatsvinden. Ook het huidige Nederlandse ruimtelijkeconomische beleid, zoals weergegeven in de nota *Pieken in de Delta*, gaat uit van een sterke internationale focus van het onderzoek, en suggereert een meer lokale en regionale dimensie als het gaat om de valorisatie van deze kennis.

Uit figuur 14 blijkt dat samenwerking in onderzoek inderdaad een sterke internationale dimensie kent. In deze figuur worden de aandelen van nationale en internationale samenwerkingsrelaties per technologiegebied weergegeven. Internationale samenwerkingsrelaties zijn hierbij opgesplitst naar samenwerking met EU-landen (inclusief Noorwegen en Zwitserland), met de Verenigde Staten en met de rest van de wereld.³

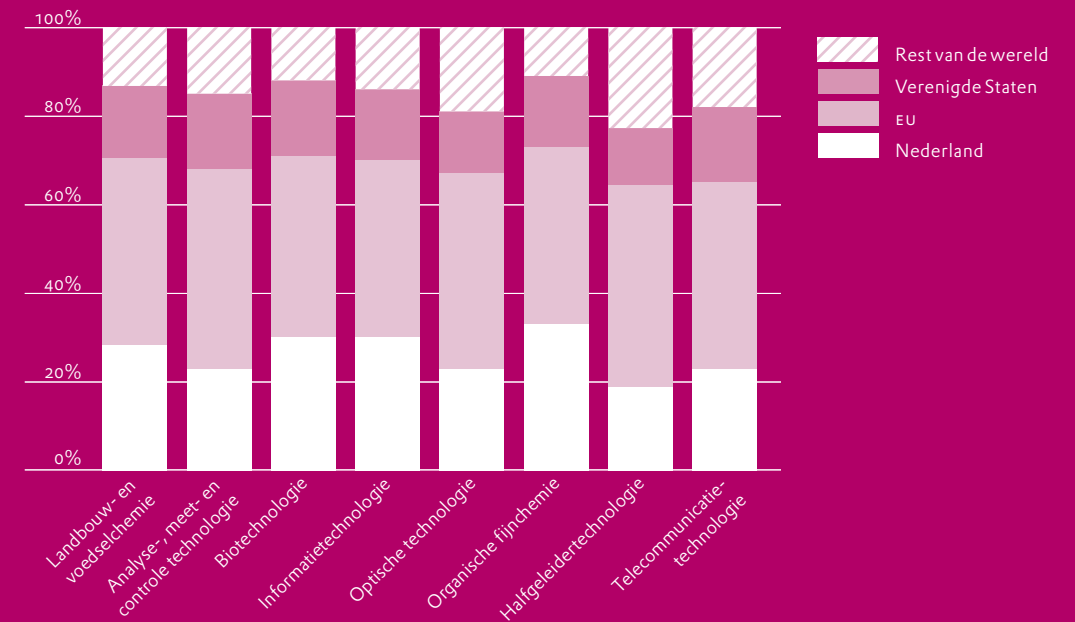
Verreweg het grootste deel van de onderzoekssamenwerking in Nederland is internationaal georiënteerd. Tussen de 67 procent (voor organische fijnchemie) en 81 procent (voor de halfgeleider technologie) van alle samenwerkingsrelaties is internationaal. Opvallend is wel dat samenwerkingsrelaties in de *life sciences* (en in de informatietechnologie) iets minder sterk internationaal georiënteerd zijn. Voor alle technologiegebieden geldt dat de EU-landen de belangrijkste partners vormen. Ook de Verenigde Staten is voor alle technologievelden een belangrijke partner. Samenwerking met andere landen in de wereld lijkt met name van belang op het gebied van de halfgeleider technologie en in iets mindere mate binnen de telecomsector en de optische technologie. Een nadere analyse laat zien dat het daarbij met name gaat om samenwerkingsrelaties tussen Nederlandse organisaties en organisaties uit Japan en de zogenaamde *New Industrializing Countries* (NIC) als Maleisië, Singapore, Taiwan en Zuid-Korea. De elektronica en ICT-hardware zijn sectoren die tijdens de sterke economische groei van deze landen een belangrijke rol hebben gespeeld.

Kijken we hoe het belang van internationale samenwerkingsrelaties verandert, dan zien we door de tijd een relatief stabiel patroon, waarbij het aandeel nationale samenwerkingsrelaties tussen 1988 en 2004 vaak licht is gedaald (dit patroon is niet weergegeven in een figuur). Het aandeel van de EU in de relaties blijft over het algemeen stabiel, terwijl dat van de Verenigde Staten licht daalt ten opzichte van de samenwerkingsrelaties met landen uit de rest van de wereld.

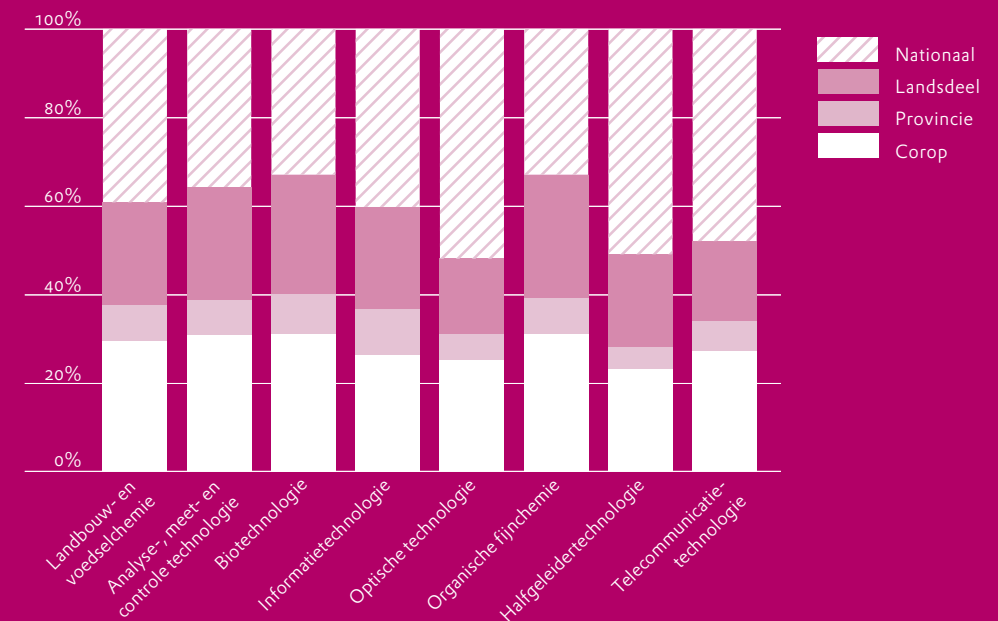
In figuur 15 zijn de samenwerkingsrelaties op het gebied van wetenschappelijk onderzoek binnen Nederland uitgesplitst naar verschillende ruimtelijke schaalniveaus. Hierbij is een onderscheid gemaakt naar coropgebieden (NUTS3), provincies (NUTS2) en landsdelen (NUTS1). Samenwerking tussen twee organisaties in dezelfde coropregio wordt geteld als samenwerking op

3. Van belang hierbij is dat het hier de 'oude' EU15 betreft, aangevuld met Zwitserland en Noorwegen. Beide landen zijn actieve partners in tal van Europese onderzoeksprojecten en participeren in de ontwikkeling van de zogenaamde *European Research Area* aan de hand van de Europese Kaderprogramma's (EU Cordis 2006).

Figuur 14. Internationale samenwerking in onderzoek



Figuur 15. Regionale samenwerking in Nederland



coropniveau, en samenwerking tussen twee organisaties in dezelfde provincie maar uit andere coropregio's wordt geteld als samenwerking op provinciaal niveau. Op dezelfde manier zijn samenwerkingsrelaties op landsdeelniveau en nationaal niveau geteld. In figuur 15 staat op de y-as het aandeel van de samenwerkingsrelaties op de verschillende ruimtelijke schaalniveaus in het totaal aantal samenwerkingsrelaties (zowel nationaal als internationaal) weergegeven.

Een belangrijke uitkomst is dat samenwerking binnen hetzelfde coropgebied relatief vaak voorkomt. Samenwerking in onderzoek vindt dus niet alleen plaats op internationale schaal maar ook relatief vaak op het regionale schaalniveau. Dit blijkt binnen de op *life sciences* gebaseerde technologieën vaker voor te komen dan binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën.

De provincie blijkt niet of nauwelijks een relevant schaalniveau voor onderzoekssamenwerking. Het verschijnsel dat de provincie geen functionele ruimtelijke eenheid is, komt ook naar voren in de context van samenwerkingsrelaties tussen bedrijven in termen van toelevering en uitbesteding (Van Oort e.a. 2006) Een praktische reden voor dit verschijnsel is dat wetenschappelijk instellingen, en met name de universiteiten, een groot aandeel hebben in het totaal aantal samenwerkingsrelaties, en dat er slechts twee provincies zijn met meerdere universiteiten in verschillende coropregio's: Zuid-Holland en Noord-Brabant.⁴

Het landsdeelniveau⁵ lijkt met name een relevant schaalniveau voor onderzoekssamenwerking binnen de organische fijnchemie en de biotechnologie. Dit hangt samen met het feit dat organisaties die binnen deze sectoren in onderzoek actief zijn, met name geconcentreerd zijn in een bepaald landsdeel. In het volgende hoofdstuk gaan we nader in op de vraag welke regio's en landsdelen binnen welke technologieën een belangrijke rol spelen.

Het feit dat het nationale schaalniveau binnen alle technologievelden het belangrijkste schaalniveau is, geeft aan dat de regionale dimensie voor onderzoekssamenwerking weliswaar van belang is, maar zeker niet moet worden overschat (vergelijk Kaufmann & Todtling 2001, en Bently e.a. 2002 voor vergelijkbare conclusies voor het buitenland).

Samenvattend kunnen we constateren dat onderzoekssamenwerking binnen de kennisgedreven technologieën in Nederland een duidelijk internationaal karakter heeft. Binnen alle acht technologievelden vindt verreweg het grootste deel van de samenwerkingsrelaties plaats op internationale schaal. Tegelijkertijd doen ook het regionale en nationale schaalniveau ertoe. De gelijktijdige internationalisering en regionalisering is niet uniek voor onderzoekssamenwerking in de kennisgedreven sectoren. Deze ogenschijnlijke tegenstrijdige ontwikkeling wordt binnen empirisch onderzoek in de economische geografie veelvuldig geconstateerd: de *global-local paradox* (Van Oort e.a. 2006; Frenken & Van Oort 2004).

4. Hierbij merken we op dat de Universiteit Tilburg, waar geen onderzoek wordt gedaan binnen de op *life sciences* of op *physical sciences* gebaseerde technologieën, in deze context geen belangrijke rol speelt. De provincie Noord-Holland heeft met de Vrije Universiteit en de Universiteit van Amsterdam weliswaar ook twee universiteiten maar beide in hetzelfde coropgebied (Groot-Amsterdam). Daarom wordt de samenwerking tussen deze universiteiten meegerekend op het ruimtelijk schaalniveau van het coropgebied.

5. Onder landsdeelniveau verstaan we de Nuts-1-indeling van Nederland; hierbij zijn de provincies onderverdeeld in vier subgroepen: Noord, Oost, Zuid en West.

Synthese

In dit hoofdstuk hebben we aan de hand van copublicaties geanalyseerd hoe de onderzoekssamenwerking binnen de kennisgedreven sectoren zich heeft ontwikkeld. Hiernaast hebben we gekeken naar het relatieve belang van verschillende soorten organisaties en het relatieve belang van de verschillende ruimtelijke schaalniveaus waarop deze samenwerking plaatsvindt.

Daarbij hebben we gekozen voor copublicaties als indicator, omdat deze een goede graadmeter is voor nieuwe wetenschappelijke kennis – wetenschappelijk onderzoek is immers een belangrijke directe bron voor innovatie binnen deze sectoren – en bovendien voor een langere periode op relatief laag ruimtelijk schaalniveau voorhanden is. Voor de periode 1988–2004 hebben we de copublicaties geanalyseerd voor de volgende acht kennisgedreven technologieën: landbouw- en voedselchemie, analyse-, meet- en controletechnologie, biotechnologie, informatietechnologie, optische technologie, organische fijnchemie, halfgeleidertechnologie en de telecomsector. Hierbij is een tweedeling gemaakt tussen de op *life sciences* gebaseerde technologieën enerzijds en de op *physical sciences* gebaseerde technologieën (ofwel: hightech-technologieën) anderzijds. De analyse-, meet- en controletechnologie kan hierbij worden beschouwd als snijvlaktechnologie, waarbinnen kennis van zowel de *life sciences* als de *physical sciences* een belangrijke bron voor innovatie vormt.

Samenwerking in onderzoek is een structurele trend: het aantal samenwerkingsrelaties en het aantal copublicaties (gecorrigeerd voor de stijging van het totaal aantal publicaties) neemt door de tijd heen duidelijk toe. Hoewel wetenschappelijke instellingen dominante actoren zijn binnen het onderzoek, vormt het aandeel samenwerkingsrelaties tussen wetenschappelijke instellingen binnen alle technologiegebieden grofweg de helft van het totaal. Bedrijven en overheidsinstellingen blijken eveneens belangrijke actoren te zijn binnen het Nederlandse onderzoek. Wel dient hierbij te worden opgemerkt dat beide soorten organisaties met name samenwerken met wetenschappelijke instellingen. Deze laatste zijn blijkbaar cruciale actoren in de vorming van samenwerkingsnetwerken op het gebied van wetenschappelijk onderzoek.

Samenwerking in onderzoek heeft een duidelijk internationale oriëntatie: binnen alle technologiegebieden maakt internationale samenwerking het grootste deel uit van het totaal aantal samenwerkingsrelaties. De landen van de Europese Unie (EU15 inclusief Zwitserland en Noorwegen) vormen de belangrijkste partners voor Nederlandse organisaties als het gaat om onderzoek. Hiernaast wordt intensief samengewerkt met de Verenigde Staten. Maar ook Japan en Zuidoost-Azië zijn belangrijke samenwerkingspartners, vooral binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën. Ondanks deze sterke internationale focus blijkt in Nederland ook de regionale dimensie een rol te spelen als het gaat om samenwerkingsrelaties in onderzoek.

De gelijktijdige internationalisering en regionalisering van de onderzoekssamenwerking geeft de complexiteit aan van de relatie tussen kennisuitwisseling en ruimte. In de volgende hoofdstukken gaan we hier dieper op in door te kijken of deze samenwerking zich concentreert in bepaalde plekken (hoofdstuk 'De kennishubs van Nederland; een netwerkanalyse') en of bepaalde vormen van samenwerking zich sterker regionaal dan internationaal voordoen (hoofdstuk 'Determinanten van het ruimtelijk patroon van samenwerking').

De kennishubs van Nederland; een netwerkanalyse

Inleiding

In het vorige hoofdstuk hebben we geconstateerd dat onderzoekssamenwerking in Nederland een sterke internationale focus kent, en dat het nationale en regionale schaalniveau hierbij eveneens relevant zijn. In dit hoofdstuk besteden we diepgaander aandacht aan het ruimtelijke patroon van de samenwerkingsrelaties op nationaal en regionaal niveau. Op basis van de internationale literatuur zouden we verwachten dat bepaalde regio's hierin een dominante positie hebben. De vraag is dan welke regio's voor welke kennisgedreven (*science-based*) sectoren dergelijke hubs vormen. Daarnaast zullen we nagaan hoe deze structuur zich door de tijd ontwikkelt. Is er sprake van een grote dynamiek en is de ruimtelijke structuur gedurende de jaren negentig van de vorige eeuw sterk veranderd? Of is er juist sprake van een stabiel netwerk waarbinnen steeds dezelfde regio's een dominante positie innemen?

In dit hoofdstuk geven we antwoord op deze vragen. Eerst zullen we de ruimtelijke structuur van onderzoekssamenwerking visualiseren voor de acht onderzochte technologievelden. Vervolgens gaan we dieper in op de mate waarin de ruimtelijke structuur van deze netwerken stabiel of instabiel is door de tijd. We doen dit door geaggregeerde netwerkrelaties binnen en tussen regio's zichtbaar te maken, en middels een regionale correlatieanalyse van netwerkindicatoren. Hiernaast kijken we naar de mate waarin de regionale structuren van de verschillende technologienetwerken – binnen en tussen de categorieën *life sciences* en *physical sciences* – door de tijd regionaal divergeren of juist convergeren naar bepaalde regio's. Aan de hand van de netwerk-analyse bepalen we vervolgens welke regio's de kennishubs van Nederland zijn. Daarbij beschrijven we een aantal structuurkenmerken van de netwerken. We sluiten het hoofdstuk af met een synthese.

Visualisaties van de structuur van kennisnetwerken

In deze paragraaf beschrijven we het ruimtelijke patroon van de netwerken van onderzoekssamenwerking. Door de samenwerkingsrelaties te aggregeren van organisatieniveau naar coropniveau, kan de ruimtelijke structuur overzichtelijk worden weergegeven. Dat doen we alleen voor de samenwerkingsrelaties tussen twee Nederlandse organisaties, waardoor de sterke internationale focus van de onderzoekssamenwerking in deze beelden ontbreekt. Met deze visualisaties willen we een beeld geven van de ruimtelijke structuur binnen Nederland.

We kijken daarbij naar een tijdreeks van drie periodes van vier jaar (1993–1996, 1997–2000 en 2001–2004) en één periode van vijf jaar (1988–1992). Vanwege de overzichtelijkheid hebben we ervoor gekozen om de structuur van de netwerken steeds weer te geven voor de perioden 1988–1992 en 2001–2004. Op deze manier ontstaat enerzijds een goed beeld van de feitelijke structuur van het netwerk van onderzoekssamenwerkingsrelaties. Anderzijds krijgen we zo inzicht in de stabiliteit van het netwerk.

De samenwerkingsrelaties tussen twee coropregio's zijn in de figuren 16–31 weergegeven middels lijnen tussen die regio's. Samenwerkingsrelaties tussen organisaties binnen dezelfde regio zijn weergegeven aan de hand van bolletjes op het geografische middelpunt van de coropregio. De dikte van de lijnen en de grootte van de bolletjes geven de intensiteit van de samenwerking aan. Doordat het gaat om een grote hoeveelheid data, en daarmee een groot aantal samenwerkingsrelaties tussen de regio's, geven we niet alle relaties weer, maar pas vanaf een bepaald minimum. De keuze voor deze drempelwaarde is gebaseerd op een afweging tussen het weergeven van zoveel mogelijke relevante informatie en de overzichtelijkheid van de kaarten. Hierdoor kunnen niet alle kaarten even gemakkelijk met elkaar worden vergeleken. Om een vergelijking tot op zekere hoogte toch mogelijk te maken zijn voor de verschillende *life sciences* (inclusief de analyse-, meet- en controletechnologie) en voor de verschillende *physical sciences* dezelfde drempelwaarden gehanteerd. In het eerste geval is besloten intraregionale samenwerking vanaf vijf relaties en interregionale samenwerking vanaf tien relaties mee te nemen. In het geval van de *physical sciences* hebben we geen drempelwaarde gesteld voor de intraregionale samenwerkingsrelaties, terwijl deze voor de interregionale samenwerking op vijf is gesteld. Doordat het totale aantal samenwerkingsrelaties per technologiegebied verschilt (zie ook het vorige hoofdstuk), is het niet mogelijk om op basis van de figuren de netwerken van de verschillende technologiegebieden éénduidig met elkaar te vergelijken. In de volgende paragraaf zullen we dit daarom doen aan de hand van netwerkanalyses.

Allereerst bespreken we hier de *life sciences* en vervolgens de analyse-, meet- en controletechnologie en de *physical sciences*.

Landbouw- en voedselchemie

De figuren 16 en 17 laten voor de twee onderscheiden periodes het ruimtelijke patroon zien van de samenwerkingsrelaties in het technologieveld 'landbouw- en voedselchemie'. In de periode 1988–1992 is er sprake van een hoge mate van interactie tussen een aantal regio's in de Randstad: Utrecht, Groot-Amsterdam, Leiden en Bollenstreek, en Groot Rijnmond. Ook de regio Veluwe (Wageningen) is in dit netwerk van belang. Hiernaast valt de mate van samenwerking tussen deze regio's en Groningen op, al is deze minder intens dan tussen de Randstadregio's en de Veluwe. Opvallend is wel dat er binnen de regio Groningen sprake lijkt te zijn van een relatief sterke mate van samenwerking. De regio Arnhem–Nijmegen heeft een enigszins perifere rol,

Figuur 16. Landbouw- en voedselchemie, 1988–1992



Figuur 17. Landbouw- en voedselchemie, 2001–2004



al vindt er met deze regio wel meer interactie plaats dan met regio's als Noordoost-Noord-Brabant, Flevoland en Den Haag.

In de periode 2001–2004 is deze regionale netwerkstructuur verder geïntensiveerd. De regio's die in de periode 1988–1992 de kernregio's van het netwerk vormden, zijn dat ook in de periode 2001–2004. Daarbij heeft zich een duidelijke toename voorgedaan van het aantal samenwerkingsrelaties en daarmee van het netwerk als geheel. Tegelijkertijd lijkt de structuur weinig te veranderen. De interactie doet zich met name voor tussen regio's waartussen in 1988–1992 ook al veel samenwerkingsrelaties bestonden. Hiernaast is de samenwerking tussen Zuid-Limburg en Arnhem–Nijmegen enerzijds en de Randstadregio's en Veluwe anderzijds toegenomen.

Op de Veluwe (Wageningen) lijken de samenwerkingrelaties sterker toegenomen dan in de andere regio's. Verder valt op dat de samenwerking tussen kennisinstellingen en bedrijven op de Veluwe en in Flevoland sterk is toegenomen. Deze stijging kan mogelijk worden verklaard door de intensieve samenwerking tussen de Universiteit Wageningen en een aantal onderzoeksinstituten in Lelystad, die in 2003 zelfs hebben geleid tot een fusie.

Biotechnologie

De ruimtelijke patronen van de onderzoekssamenwerkingsrelaties op het terrein van de biotechnologie worden weergegeven in de figuren 18 en 19.

In de beginsituatie (1988–1992) valt op dat de regio's Groot-Amsterdam, Utrecht en Leiden en Bollenstreek veel onderlinge samenwerkingsrelaties vertonen. Rijnmond is eveneens een belangrijke regio, maar instellingen en bedrijven in die regio werken met name samen met die in Leiden en Groot-Amsterdam, en in veel mindere mate met die in Utrecht. Groningse bedrijven en instellingen werken ook veel samen met deze regio's, maar veel minder frequent dan de hiervoor genoemde regio's. Zuid-Limburg, Wageningen en Arnhem–Nijmegen, en in mindere mate Noordoost-Noord-Brabant en Den Haag, spelen eveneens een rol in het biotechnologienetwerk. Opvallend is verder dat Amsterdam vergeleken met de overige regio's wordt gekenmerkt door een sterke mate van intraregionale samenwerking.

Vergeleken met de periode 1988–1992 laat de ruimtelijke structuur van het kennisnetwerk voor biotechnologie in 2001–2004 een sterke toename zien in het aantal samenwerkingsrelaties. Het aantal regio's binnen het netwerk is toegenomen en de samenwerking tussen de regio's die al in de periode 1988–1992 deel uitmaakten van het netwerk, is geïntensiveerd. De regio's die 1988–1992 binnen het netwerk belangrijk waren, zijn dat grotendeels ook in 2001–2004. Wel lijken Wageningen en Arnhem–Nijmegen een sterkere positie in het netwerk te krijgen. Zo zijn de samenwerkingsrelaties tussen Utrecht en Wageningen en Wageningen en Amsterdam duidelijk toegenomen. Hiernaast vertoont de regio Arnhem–Nijmegen intensievere relaties met Utrecht en Leiden, evenals met Rijnmond. Groningen en Zuid-Limburg vertonen niet alleen intensievere intraregionale maar ook intensievere interregionale samenwerkingsrelaties dan in de periode 1988–1992.

Figuur 18. Biotechnologie, 1988–1992



Figuur 19. Biotechnologie, 2001–2004



Organische fijnchemie

Het eerste wat opvalt, is dat het ruimtelijke patroon van de onderzoekssamenwerking binnen de organische fijnchemie (figuur 20 en 21) duidelijke overeenkomsten vertoont met die binnen de biotechnologie (figuur 18 en 19), vooral in de periode 2001-2004. Op de structuurovereenkomsten tussen de netwerken van de verschillende technologievelen zullen we in de volgende paragraaf overigens verder ingaan.

In de periode 1988-1992 is de samenwerking tussen de regio's Utrecht, Groot-Amsterdam en Leiden en Bollenstreek het meest intensief. Hiernaast zijn Rijnmond en in mindere mate Groningen en Arnhem-Nijmegen regio's die een aanzienlijke positie in het netwerk innemen.

Ook binnen de organische fijnchemie is het aantal samenwerkingsrelaties in de jaren negentig aanzienlijk gestegen, met als gevolg een duidelijke uitbreiding van het netwerk (figuur 21). De intensiteit van de samenwerking neemt toe en het aantal regio's dat betrokken is bij de samenwerkingsrelaties van bedrijven, universiteiten en onderzoeksinstituten eveneens. Een belangrijk verschil met de periode 1988-1992 is dat de interactie tussen Amsterdam, Leiden en Utrecht niet zichtbaar intensiever is dan die tussen de andere regio's. Wageningen, Rijnmond en Arnhem-Nijmegen werken eveneens intensief samen met deze regio's. Opvallend is wel dat Utrecht samenwerkingsrelaties onderhoudt met relatief veel regio's, terwijl de meeste van de hierboven genoemde regio's die samenwerking vaak beperken tot één of twee regio's. Hiernaast valt op dat Zuid-Limburg met meer regio's samenwerkt dan in de periode 1988-1992 en bovendien een sterke toename kent van het aantal intraregionale samenwerkingsrelaties. Dit komt mede doordat DSM zich in toenemende mate op de *life sciences* is gaan oriënteren en hiervoor strategische samenwerkingsrelaties is aangegaan met de Universiteit Maastricht en universiteiten elders in het land.

Analyse-, meet- en controletechnologie

De figuren 22 en 23 laten het ruimtelijke patroon zien van samenwerkingsrelaties voor de analyse-, meet- en controletechnologie. Zoals eerder aangegeven, wordt de kennisbasis van deze technologie gevormd door een combinatie van zowel *life sciences* als *physical sciences*.

In dit technologieveld komen in de periode 1988-1992 grotendeels dezelfde regio's naar voren die dominant zijn in de netwerken van de *life sciences*: Amsterdam, Utrecht, Leiden en Bollenstreek en in mindere mate Rijnmond, Groningen en Wageningen. De groei van het aantal samenwerkingsrelaties leidt in 2001-2004 tot een netwerk dat evenwel meer gespreid lijkt, en waarbij ook (bedrijven, universiteiten en instellingen in) andere regio's een rol in het netwerk zijn gaan vervullen. In deze periode komen meer regio's naar voren als belangrijke knopen in het netwerk, zoals Zuidoost-Noord-Brabant (Eindhoven), Twente en ook Den Haag. Dit lijkt in relatieve zin met name ten koste te gaan van de regio's Leiden en Groot Rijnmond.

Figuur 20. Organische fijnchemie, 1988-1992



Figuur 21. Organische fijnchemie, 2001-2004



Figuur 22. Analyse-, meet- en controletechnologie, 1988–1992



Figuur 23. Analyse-, meet- en controletechnologie, 2001–2004



Figuur 24. Informatietechnologie, 1988–1992



Figuur 25. Informatietechnologie, 2001–2004



Informatietechnologie

De ruimtelijke structuur van onderzoekssamenwerking op het gebied van de informatietechnologie blijkt een grote regionale dynamiek te kennen (figuur 24 en 25). Vergelijken we het beeld van 2001–2004 met dat van 1988–1992, dan is niet alleen de intensiteit van de relaties sterk toegenomen, maar is ook de positie van de verschillende regio's in het netwerk duidelijk veranderd. In de periode 1988–1992 is er sprake van een netwerk, waarbij er relatief weinig interactie plaatsvindt. Bedrijven en instellingen in Twente en Groningen werken vrij intensief samen, en ook Amsterdam en Utrecht zijn van belang doordat ze relaties hebben met meerdere andere regio's. Hiernaast zijn Eindhoven en Arnhem–Nijmegen regio's die een relatief belangrijke rol spelen in het netwerk. In het algemeen kunnen we echter constateren dat het netwerk van samenwerkingsrelaties tussen regio's op het gebied van de informatietechnologie niet echt dicht is.

Dit in tegenstelling tot de periode 2001–2004. Vergeleken met de eerdere periode wordt dan intensiever samengewerkt en zijn meer regio's in het netwerk betrokken. Zuidoost-Noord-Brabant (Eindhoven) wordt gekenmerkt door een hoge mate van intraregionale samenwerking, die onder andere het gevolg is van de intensieve samenwerking tussen Philips en de TU Eindhoven. De regio Eindhoven werkt verder intensief samen met de regio Delft en in mindere mate met Twente. Kijken we buiten de regio Eindhoven, dan is er sprake van een redelijk gelijkmatig patroon van samenwerking tussen een aantal regio's. Daarbij is de samenwerking tussen Utrecht en Delft intensiever dan die tussen de andere regio's.

Optische technologie

De figuren 26 en 27 tonen het ruimtelijke patroon van onderzoeksrelaties voor de optische technologie.

In de periode 1988–1992 is de structuur van het netwerk tamelijk gelijkmatig: de verschillende regio's in het netwerk laten eenzelfde intensiteit van samenwerking zien. Wel zijn enkele regio's belangrijker knooppunten in het netwerk dan andere, namelijk: Utrecht, Groot-Amsterdam, Arnhem–Nijmegen, Zuidoost-Noord-Brabant en de regio Delft. Het aantal regio's dat in dit netwerk participeert, blijft over de perioden 1988–1992 en 2001–2004 redelijk stabiel. Tegelijkertijd is er sprake van een sterke toename in het aantal samenwerkingsrelaties, hetgeen heeft geleid tot een veel minder gelijkmatig verdeelde structuur. De samenwerking tussen en binnen de regio's is voor sommige regio's veel sterker geïntensiveerd dan tussen andere.

De samenwerking tussen de regio Eindhoven en de regio Delft is in 2001–2004 sterk toegenomen ten opzichte van 1988–1992; hetzelfde geldt voor de intraregionale samenwerking in beide regio's. De intensieve samenwerking tussen Philips, de TU Eindhoven en de TU Delft is hier wederom een belangrijke achterliggende factor. Opvallend is verder dat de regio Twente in vergelijking met de periode 1988–1992 een belangrijkere rol speelt in het netwerk: Twente werkt samen met een groot aantal regio's, waarbij met name Eindhoven een belangrijke partner vormt. Verder is de positie van Groningen ver-

Figuur 26. Optische technologie, 1988–1992



Figuur 27. Optische technologie, 2001–2004



beterd. Voor de regio Arnhem–Nijmegen daarentegen is per saldo nauwelijks iets veranderd, waardoor de regio in relatieve zin minder belangrijk lijkt te worden in het netwerk van de optische technologie.

Halfgeleidertechnologie

De ruimtelijke patronen in onderzoekssamenwerking binnen de halfgeleidertechnologie worden weergegeven in figuur 28 en 29.

In de periode 1988–1992 is er sprake van een netwerk dat weinig variatie vertoont in de intensiteit van de samenwerking tussen de verschillende regio's. Opvallend is wel dat de regio's Groot-Amsterdam, Groningen, Zuidoost-Noord-Brabant, Utrecht en Arnhem–Nijmegen zowel onderling samenwerken als ook met veel andere regio's. Regio's als Twente en de Kop van Noord-Holland werken daarentegen slechts met één andere regio samen. De Kop van Noord-Holland komt in dit netwerk naar voren doordat het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) hier is gevestigd, namelijk in Petten.

Figuur 29 laat duidelijk de dominante positie van Zuidoost-Noord-Brabant zien in de periode 2001–2004. Niet alleen is mate van samenwerking binnen de regio sterk toegenomen, ook zorgt de intensieve samenwerking met Twente, Groningen en met name Delft ervoor dat Eindhoven een zeer belangrijk knooppunt in dit netwerk vormt. Uiteraard hangt dit sterk samen met de ruimtelijke concentratie van de TU Eindhoven, Philips en verwante bedrijven als ASML, die alle sterk samenwerken met elkaar en met organisaties in andere regio's. Hiernaast vormen de regio's Delft, Amsterdam, Utrecht en Twente belangrijke regio's in dit netwerk.

Telecommunicatietechnologie

Ten slotte tonen de figuren 30 en 31 het ruimtelijk patroon van onderzoekssamenwerking op het gebied van de telecommunicatietechnologie.

In de periode 1988–1992 valt de positie van de regio Rijnmond op: deze wordt gekenmerkt door relatief veel intraregionale samenwerkingsrelaties. De regio's Zuidoost-Noord-Brabant, Utrecht en Groot-Amsterdam hebben een sterke positie hebben in het netwerk van interregionale samenwerkingsrelaties.

Dit patroon verandert in de periode 2001–2004. De regio's Zuidoost-Noord-Brabant en Delft vertonen dan zeer intensieve samenwerkingsrelaties. Ook tussen Utrecht en Amsterdam en tussen Utrecht en Delft is er sprake van een sterke mate van samenwerking. Groningen, dat al een redelijke positie had in de periode 1988–1992, behoudt die in de periode 2001–2004. De regio Twente heeft zich in die periode eveneens een redelijke positie verworven, terwijl in de eerdere periode de samenwerking tussen bedrijven en kennisinstellingen vooral binnen de regio zelf plaatsvond.

Tot slot

Samenvattend kunnen we constateren dat de visualisaties van de ruimtelijke structuur van onderzoekssamenwerkingsrelaties duidelijk maken dat een

Figuur 28. Halfgeleidertechnologie, 1988–1992



Figuur 29. Halfgeleidertechnologie, 2001–2004



aantal regio's een duidelijk sterkere positie heeft dan andere. Regio's met kennisinstellingen, zoals publieke onderzoeksinstituten en universiteiten, nemen over het algemeen een sterkere positie in dan regio's waar die instellingen niet gevestigd zijn.

Hoewel de getoonde kaartbeelden een eerste idee geven van de regio's waarom het gaat, zullen we in de paragraaf 'Kern-periferieanalyse' aan de hand van netwerkmethodieken analyseren welke regio's daadwerkelijk als kennishub voor een bepaalde technologie kunnen worden beschouwd. In die paragraaf gaan we ook verder in op het belang van de verschillende actoren in deze kennishubs.

De getoonde kaartbeelden geven eveneens een eerste indruk van de dynamiek die de structuur van de netwerken door de tijd vertoont. De algemene tendens is een duidelijke toename van de intensiteit van samenwerking tussen verschillende regio's. De dynamiek lijkt met name sterk te zijn op het gebied van de *physical sciences*, waarbij de regio Eindhoven opvalt als belangrijkste hub. De mate waarin deze dynamiek door de tijd voor een stabiele of instabiele netwerkstructuur heeft gezorgd, zullen we in de volgende paragraaf aan de orde stellen. In die paragraaf bestuderen we ook de mate waarin de structuur van de netwerken van verschillende technologievelden met elkaar overeenkomen.

Dynamiek in regionale netwerken en regionale overeenkomsten in technologievelden

In deze paragraaf gaan we in op de dynamiek van de ruimtelijke structuur van de kennisnetwerken binnen de acht technologievelden. In hoeverre blijven deze regionale patronen stabiel in de tijd? En in hoeverre vertoont de ruimtelijke ontwikkeling van de netwerkstructuur van de verschillende technologievelden overeenkomsten?

Beide vragen analyseren we door de correlatie tussen de netwerken voor de verschillende perioden te berekenen.

Dynamiek in regionale structuur van de netwerken

Zoals hierboven bleek, is het aantal samenwerkingsrelaties sterk toegenomen, en daarmee de intensiteit van de interactie tussen en binnen de regio's in het netwerk. Om hiervoor te controleren hebben we onze berekeningen niet gebaseerd op de absolute aantallen samenwerkingsrelaties tussen en binnen de regio's, maar op het relatieve aandeel binnen het totaal aantal samenwerkingsrelaties.

Omdat we berekeningen uitvoeren op netwerkdata, hebben we gebruik gemaakt van de zogenaamde *Quadratic Assignment Procedure (QAP)*⁶ (Hubert & Schultz 1976). Zo hebben we onderzocht in hoeverre de ruimtelijke structuur van de netwerken op verschillende momenten binnen hetzelfde technologiegebied met elkaar samenhangen (correlatie). Figuur 32 laat de resultaten zien.

6. Voor een uitleg zie bijlage 2.

Figuur 30. Telecommunicatietechnologie, 1988–1992



Figuur 31. Telecommunicatietechnologie, 2001–2004



Op de y-as is de Pearsoncorrelatie weergegeven. Bij een waarde van 1 is de correlatie volledig: de ruimtelijke structuur van een bepaalde periode is precies gelijk aan die in de periode ervoor. Als de Pearsoncorrelatie een waarde heeft van 0, is er geen enkele correlatie: de ruimtelijke structuur in een bepaalde periode verschilt volledig van die in de periode ervoor. Per technologieveld geven we aan in hoeverre de ruimtelijke structuur van het netwerk in de periode 1988–1992 correleert met die in de periode 2001–2004. Vervolgens is in de figuur aangegeven wat de correlatie is tussen elke opeenvolgende periode. Op deze manier kunnen we een beeld schetsen van de dynamiek van de ruimtelijke structuur door de tijd. Hoe meer de waarde van de Pearsoncorrelatie richting 1 gaat, hoe stabiel het netwerk door de tijd.

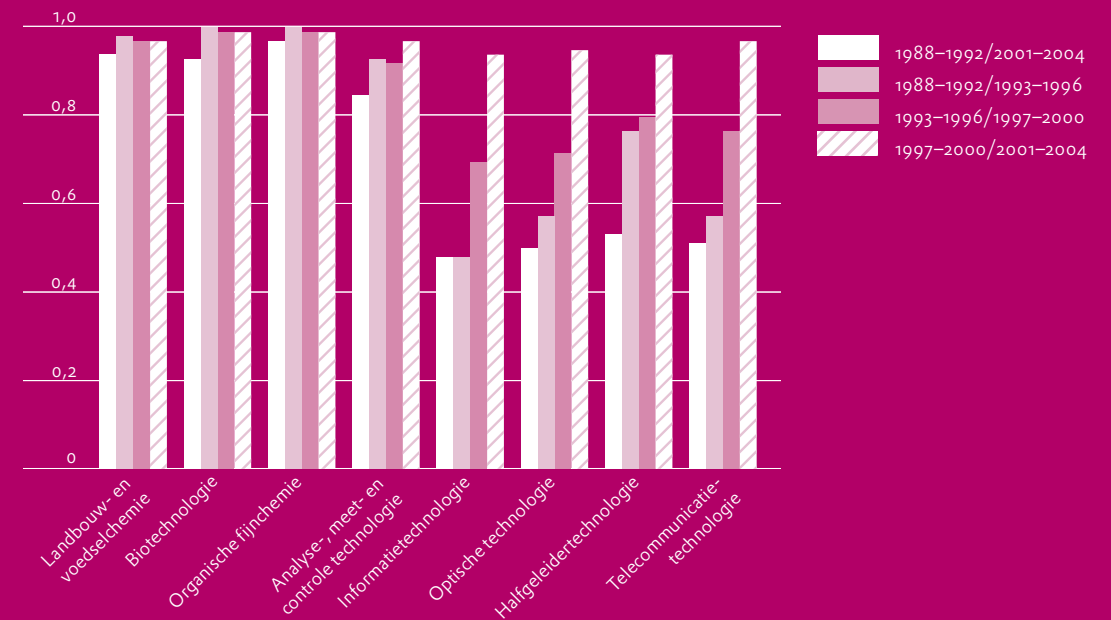
De ruimtelijke structuur van de drie op *life sciences* gebaseerde technologieën vertoont een vrij grote stabiliteit door de tijd. Op basis van de kaartbeelden in de vorige paragraaf (figuur 16–31) en de uitkomsten van het voorgaande hoofdstuk wordt duidelijk dat er sprake is van een sterke toename van de onderzoekssamenwerking binnen deze technologievelden. Deze toename doet zich met name voor binnen en tussen die regio's waar in de periode 1988–1992 ook al sprake was van een sterke mate van samenwerking. Het feit dat de samenwerking met en tussen de minder belangrijke regio's is geïntensiveerd, terwijl er tegelijkertijd nieuwe regio's in het netwerk zijn betrokken, heeft de ruimtelijke structuur als geheel dus nauwelijks veranderd.

Binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën is er sprake van een grotere regionale dynamiek door de tijd dan in het geval van de *life sciences*. De correlatie tussen de ruimtelijke structuur van de netwerken voor de perioden 1988–1992 respectievelijk 2001–2004 heeft in het geval van de vier onderscheiden technologievelden een waarde van tussen de 0,45 en 0,55. Dit geeft aan dat de ruimtelijke structuur van de samenwerkingsrelaties binnen de *physical sciences* duidelijk sterker is veranderd dan die binnen de *life sciences*. Een vergelijking van de kaartbeelden tussen de technologiegebieden uit de vorige paragraaf suggereerde deze verschillen al.

Kijken we naar de netwerkstructuren per opeenvolgende periode, dan valt een steeds grotere correlatie op. De correlaties voor de ruimtelijke structuur van de verschillende technologieën tussen de laatste twee perioden ligt ruim boven de 0,9. Hoewel de structuur dus over gehele periode (van 1988–1992 tot 2001–2004) sterk verandert, lijkt deze verandering door de tijd steeds minder groot te worden. Met andere woorden: de ruimtelijke structuur van onderzoekssamenwerking binnen de *physical sciences* wordt enerzijds gekenmerkt door een sterke dynamiek, en anderzijds, vanaf het einde van de jaren negentig, door een toenemende mate van stabiliteit. De halfgeleider-technologie valt hierbij op, omdat deze eerder een convergentie naar stabiliteit vertoont dan de andere *physical sciences*.

De dynamiek van de structuur van de analyse-, meet- en controle-technologie zit hier in feite tussenin. Deze vertoont een toename van de correlatie, en daarmee van de stabiliteit van de ruimtelijke structuur van de samenwerking. Tegelijkertijd is de correlatie tussen de structuur van 1988–1992 en 2001–

Figuur 32. Dynamiek en stabiliteit van het ruimtelijke patroon van netwerken door de tijd



2004 hoog, terwijl de dynamiek relatief laag is in vergelijking met de *physical sciences* en de stabiliteit laag is in vergelijking met de *life sciences*.

Convergentie van structuren binnen en tussen *life sciences* en *physical sciences*

Vervolgens hebben we gekeken naar de mate waarin de ruimtelijke structuur van samenwerkingsrelaties van de verschillende technologieën onderling overeenkomt. In hoeverre divergeren de regionale structuren van de verschillende technologieën – binnen en tussen de *life sciences* en de *physical sciences* – door de tijd? Of convergeren ze juist met verschillende regio's als belangrijkste regio's? Met behulp van dezelfde netwerkmethodologie als hierboven hebben we de correlatie tussen de verschillende netwerken in de diverse perioden bepaald. Per periode is gekeken naar de correlatiewaarde tussen de ruimtelijke structuur van twee verschillende netwerken. In totaal zijn er per periode 28 correlatiescores berekend (7 maal 8 technologieën gedeeld door 2). Allereerst zijn de correlaties tussen de verwante technologiegebieden berekend. Vervolgens zijn de correlatiescores berekend tussen de analyse-, meet- en controletechnologie en de andere zeven technologiegebieden. Ten slotte hebben we gekeken naar de correlatie tussen de op de *life sciences* respectievelijk *physical sciences* gebaseerde technologieën.

In figuur 33 is weergegeven hoe de waarden van de Pearsoncorrelatie zich ontwikkelen voor de *life sciences*. In het algemeen neemt de correlatie van de ruimtelijke structuur tussen de eerste perioden duidelijk toe. De ruimtelijke structuur van de samenwerkingsrelaties binnen de *life sciences* begint tijdens de eerste perioden steeds meer op elkaar te lijken, om vervolgens iets af te nemen. Dit laatste duidt op een toenemend verschil in de ruimtelijke structuur, hoewel de correlatie in het algemeen wel hoog blijft.

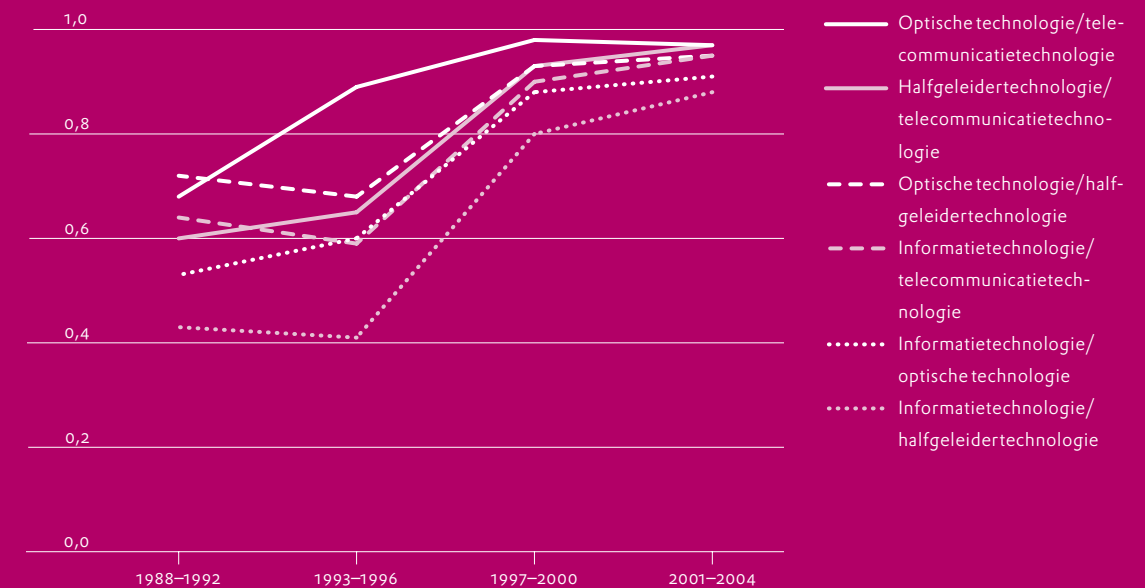
Biotechnologie en de organische fijnchemie vertonen een bijzonder sterke regionale correlatie in hun netwerkstructuren, hetgeen de kaartbeelden in de vorige paragraaf bevestigt. Landbouw- en voedselchemie kent een minder sterke correlatie met beide andere *life sciences*, al blijft deze, ondanks de afname in de latere perioden, hoog. We kunnen dan ook constateren dat het ruimtelijke patroon van samenwerkingsrelaties binnen de op *life sciences* gebaseerde technologieën in regionaal opzicht grote overeenkomsten vertoont: deze vinden hun weerslag in dezelfde regio's.

Figuur 34 toont voor elke onderzochte periode de correlatie tussen de verschillende op *physical sciences* gebaseerde technologieën. In de periode 1988–1992 is er sprake van relatief weinig ruimtelijke overeenkomsten tussen de netwerkstructuur van de verschillende *physical sciences*; de correlatiescore varieert van iets boven de 0,4 tussen de informatietechnologie en de halfgeleider technologie tot ruim 0,7 tussen de informatietechnologie en de optische technologie. Daarentegen is de correlatiescore tussen de verschillende netwerkstructuren in de periode 2001–2004 hoog: voor bijna elke combinatie ligt deze boven de 0,9. Er is duidelijk sprake van een toenemende convergentie van de ruimtelijke structuren van onderzoekssamenwerking.

Figuur 33. Overeenkomsten van de ruimtelijke structuur van de *life sciences* door de tijd



Figuur 34. Overeenkomsten van de ruimtelijke structuur van de *physical sciences* door de tijd



Deze convergentie treedt niet op in de periode 1993–1996; de correlatiescores blijven dan redelijk stabiel en dalen in sommige gevallen zelfs licht. Vergelijken we deze periode met die van 1997–2000, dan valt op dat de correlatie enorm toeneemt. In de laatste periode (2001–2004) is dat echter minder het geval. Het grote verschil zit tussen de perioden 1993–1996 en 1997–2000.

Samenvattend kunnen we concluderen dat de ruimtelijke netwerkstructuren sterk convergeren tot een situatie waarbij in de periode 2001–2004 binnen alle vier de op *physical sciences* gebaseerde technologieën samenwerking plaatsvindt tussen en binnen dezelfde regio's.

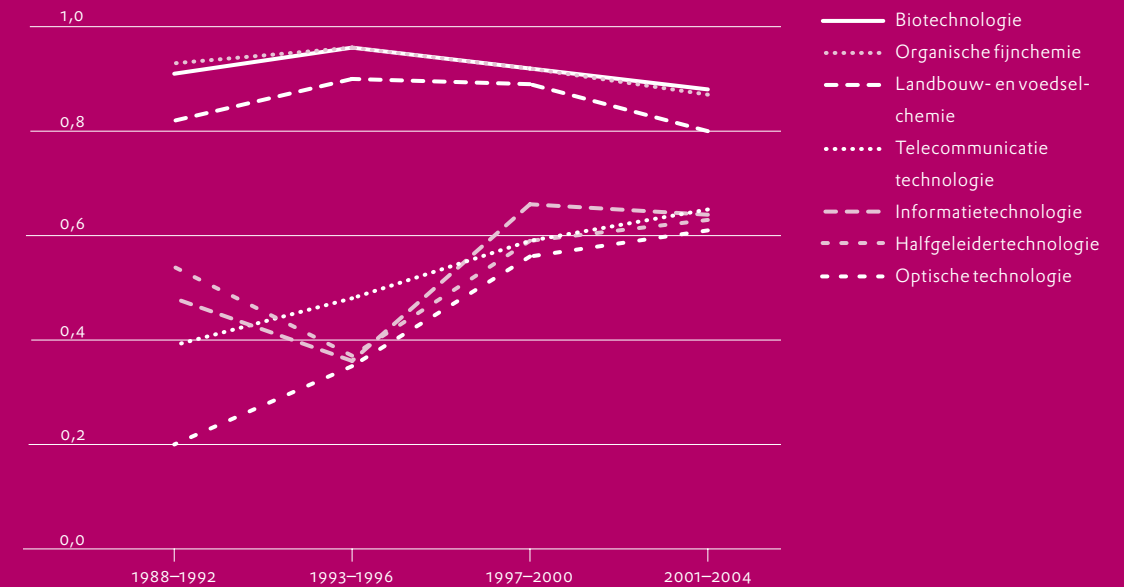
Hiernaast hebben we gekeken naar de mate waarin het ruimtelijke patroon van samenwerkingsrelaties in analyse-, meet- en controletechnologie overeenkomt met de ruimtelijke samenwerkingspatronen van de overige technologieën. In figuur 35 is deze ontwikkeling weergegeven. Dit patroon blijkt in toenemende mate overeenkomsten te vertonen met dat van de *physical sciences*, hetgeen ten koste lijkt te gaan van de overeenkomst met de *life sciences*. Wel dient hierbij te worden opgemerkt dat de ruimtelijke structuur van de analyse-, meet- en controletechnologie per saldo het meest overeenkomt met die van de *life sciences*.

Vervolgens hebben we de correlatiescore berekend voor de verschillende technologieën uit de op de *life sciences* en de *physical sciences* gebaseerde technologieën. Hierbij hebben we steeds één technologie uit de *life sciences* en één uit de *physical sciences* genomen. De resultaten zijn weergegeven in figuur 36.

De algemene trend is, opvallend genoeg, dat de waarde van de correlatiescore daalt. De ruimtelijke patronen van onderzoekssamenwerking binnen niet-verwante technologieën lijken dus steeds minder op elkaar. Sommige technologieën verschillen hierbij sterker in hun ruimtelijke patroon dan andere. Zo lijkt het patroon van de optische technologie het sterkst af te wijken van die van de *life sciences* en vertonen deze laatste weer, relatief gezien, de meeste overeenkomst met de ruimtelijke structuur van het informatietechnologienetwerk, waarbij een 'piek' te zien is in de periode 1997–2000. De ruimtelijke structuur van samenwerkingsrelaties tussen bedrijven en kennisinstellingen in de *life sciences* en de optische technologie vertonen in deze periode blijkbaar meer overeenkomsten dan in de periode ervoor en in de periode 2001–2004.

We kunnen dus stellen dat er zowel binnen de op *life sciences* als de op *physical sciences* gebaseerde technologieën sprake is van een toenemende overeenkomst in de ruimtelijke structuur van onderzoekssamenwerking. Hiermee lijkt het ruimtelijke patroon voor samenwerkingsrelaties op het gebied van onderzoek in verwante technologieën in toenemende mate te convergeren. Tegelijkertijd valt op dat de ruimtelijke structuur van de samenwerkingsrelaties tussen de niet-verwante technologieën steeds minder op elkaar lijkt; deze ruimtelijke patronen lijken vooral te divergeren.

Figuur 35. Overeenkomst van de ruimtelijke structuur van het netwerk van analyse-, meet- en controletechnologie met de overige technologiegebieden door de tijd



Kortom: het ruimtelijke patroon van verwante technologieën gaat steeds meer op elkaar lijken (convergentie *binnen* regionale patronen van de *life sciences* en de *physical sciences*), terwijl de patronen van de verschillende technologieën steeds meer gaan verschillen (divergentie *tussen* regionale patronen van de *life sciences* en de *physical sciences*). Dit suggereert dat er sprake is van een zekere ruimtelijke uitsortering: door de toenemende overeenkomsten binnen verwante technologieën zijn blijkbaar steeds dezelfde regio's (met hun structuur, bedrijven en context) in het netwerk van belang. De groeiende verschillen in het ruimtelijke patroon van onderzoekssamenwerkingsrelaties duiden erop dat het niet mogelijk is voor een regio om in beide netwerken – dus zowel dat van de *life sciences* als van de *physical sciences* – een sterke positie te hebben. Om te bekijken in hoeverre bepaalde regio's daadwerkelijk een sterke positie hebben in bepaalde kennisnetwerken gaan we hierop in de volgende paragraaf dieper in.

Kern-periferieanalyse

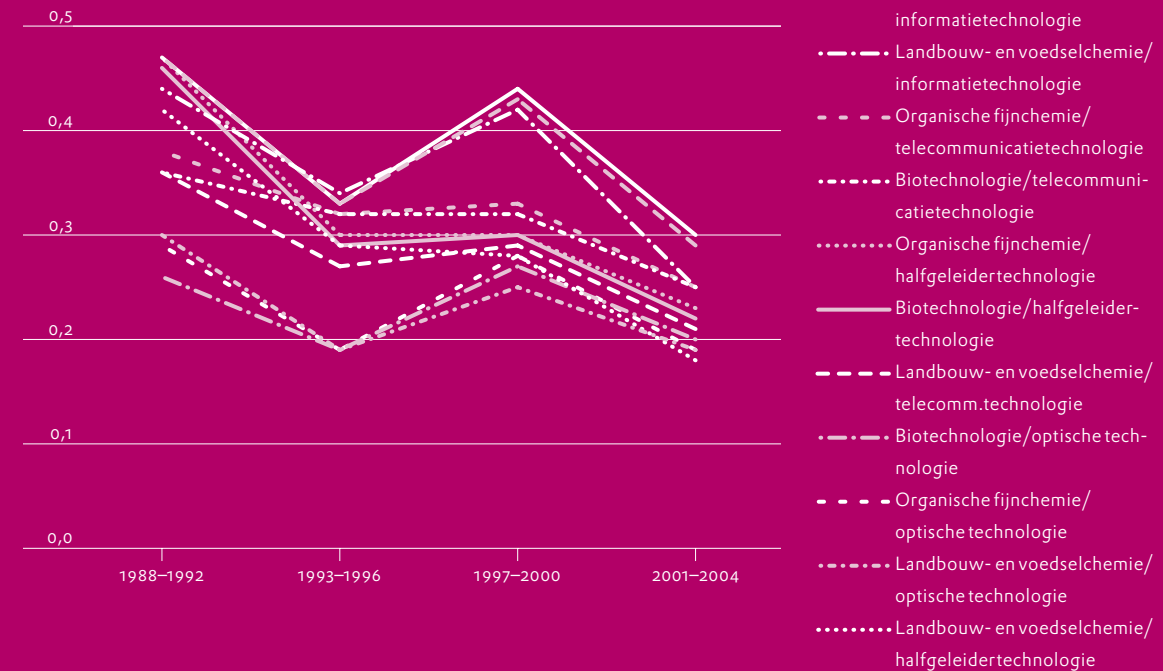
In deze paragraaf gebruiken we de netwerkanalyse om kern-periferiepatronen te onderzoeken. De centrale gedachte achter de netwerkanalyse is dat verschillen in de positie van een knooppunt binnen een netwerk het gedrag of het presteren van dit knooppunt beïnvloeden. Netwerkanalyse gaat dus expliciet uit van een structuralistische visie: het gedrag van een actor wordt beïnvloed door de aard en de structuur van de relaties die hij heeft met andere actoren en de positie die hij daarmee inneemt binnen deze groep van actoren. In deze studie relateren we de verschillen tussen de positie van regio's in kennisnetwerken aan verschillen tussen regio's in de ontwikkeling van de kennisgedreven sectoren.⁷ Deze veronderstelling is in het tweede hoofdstuk ('Kennisgedreven sectoren') onderbouwd aan de hand van de inzichten uit de economische geografie en de internationale literatuur.

De 'positie van een knooppunt in een netwerk' is echter lastig te definiëren. Er is geen eenduidige definitie van de begrippen 'structuur van een netwerk' en 'positie van een knooppunt' en de methodologie van netwerkanalyse biedt dan ook verschillende indicatoren om die te bepalen. De bruikbaarheid van veel indicatoren uit de netwerkanalyse wordt sterk beïnvloed door de aard van de data. In deze studie is er sprake van *valued* data (de waarde of intensiteit van deze relatie is bekend) en van symmetrische data.

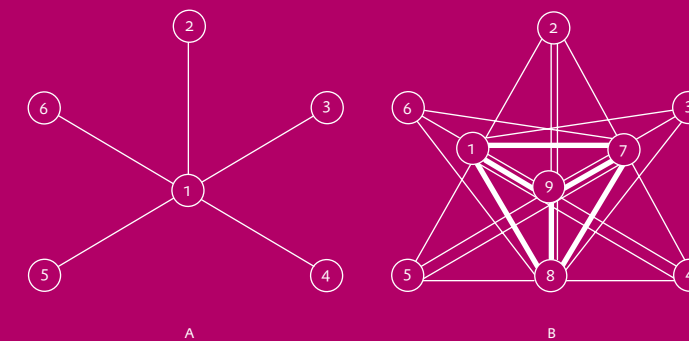
Deze eigenschappen maken dat een analyse van de netwerkstructuur aan de hand van een kern-periferieanalyse een goede optie is. Met de structuur van een netwerk van 'gewaardeerde' data doelen we op de verdeling van de intensiteit van de interactie tussen de verschillende regio's. De structuur van een netwerk kan bijvoorbeeld bestaan uit een beperkt aantal links met een hoge mate van interactie, veel links met een beperkte mate van interactie en enkele regio's die helemaal geen interactie hebben (die als links met de waarde 0 worden gezien). Een netwerk met een kern-periferiestructuur wordt gekenmerkt door een knooppunt dat of een groep van knooppunten die als centrum of kern van het netwerk functioneert/functioneren. Andere knoop-

7. In een volgende studie zal de relatie tussen de ruimtelijke structuur van kennisnetwerken (zoals geanalyseerd in deze studie) en ruimtelijke verschillen in innovatie en ontwikkeling van bedrijvigheid worden bekeken.

Figuur 36. Overeenkomst van de ruimtelijke structuur van de *physical sciences* en de *life sciences*



Figuur 37. Twee 'ideaaltypen' kern-periferiestructuren. Bron: Borgatti & Everett (1999)



punten dan deze knooppunten in het netwerk hebben slechts interactie met een of meerdere knooppunten die tot de kern behoren, en niet onderling. Deze behoren tot de periferie. In het geval van een kern met meerdere knooppunten is er sprake van een sterke mate van interactie tussen de knooppunten in de kern.

In figuur 37 zijn twee 'ideaaltypen' van een kern-periferiestructuur weergegeven. De eerste figuur toont een structuur met één knooppunt als kern, de tweede een structuur met meerdere knooppunten in de kern. Een kern-periferieanalyse geeft vervolgens aan in hoeverre de structuur van een netwerk overeenkomt met één van beide ideaaltypen. Hiernaast wordt berekend hoeveel en welke knooppunten tot de kern behoren als de overeenkomst met een van beide ideaaltypen het grootst is.

Deze analyse is uitgevoerd voor de vier onderscheiden perioden en voor de acht technologievelden. Aan de hand hiervan willen we bepalen welke regio's kunnen worden gezien als kernregio's in de verschillende kennisnetwerken, en daarmee als 'kennishub'. De regio's zijn gerangschikt op basis van hun kernscores, hetgeen wil zeggen dat de regio's die als eerste zijn weergegeven, in een periode in sterkere mate tot de kern behoren dan de regio's die lager in de lijst staan. De regio's Amsterdam, Utrecht, Leiden en Rijnmond kunnen zo als belangrijke kennishubs in zowel de organische fijnchemie als de biotechnologie worden getypeerd (tabel 3). De biotechnologie lijkt hiermee een Randstadfenomeen te zijn.

Door de tijd heen is dit een stabiel patroon, waarbij alleen enkele kleine verschillen in correlatiescore en concentratiescore zijn waar te nemen. Met de correlatiescore wordt de mate van overeenkomst met een ideale kern-periferiestructuur bedoeld. Deze kan een waarde tussen 0 en 1 aannemen, waarbij 1 een ideale kern-periferiestructuur aangeeft. Met de concentratiescore bedoelen we het aandeel (tussen 0 en 1) binnen het totaal aantal samenwerkingsrelaties, waarbij ten minste één kernregio betrokken is.

In tabel 3 geven we de resultaten weer van deze analyse voor de *life sciences*. Een belangrijk deel van de uitkomsten werd al gesuggereerd aan de hand van de eerdere kaartbeelden. Opvallend is dat Wageningen (regio Veluwe) in twee van de drie technologievelden geen kennishub blijkt te zijn, terwijl deze regio zichzelf ziet als de *city of life sciences*. De belangrijkste reden hiervoor is dat deze beide technologievelden nauw verwant zijn aan de farmaceutische en industriële biotechnologie, terwijl Wageningen zich juist profileert op het gebied van de landbouw- en voedselchemie. Op het terrein van de voedselbiotechnologie behoort Wageningen wél tot de kern. Daarop neemt de kernscore ook duidelijk toe, hetgeen Wageningen door de tijd een steeds belangrijker kennishub maakt. Ook de regio's die op het gebied van de biotechnologie en organische fijnchemie goed scoren, behoren op dit terrein tot de kern. Verder behoort de regio Arnhem–Nijmegen sinds de periode 1997–2000 tot de kern op het gebied van de landbouw- en voedselchemie.

Tabel 4 toont de kennishubs binnen de analyse-, meet- en controletechnologie. Hierbij valt op dat dezelfde regio's die binnen de *life sciences* tot de kern

Tabel 3. Op *life sciences* gebaseerde sectoren

Landbouw- en voedselchemie	1988–1992	1993–1996	1997–2000	2001–2004
	Utrecht	Utrecht	Utrecht	Utrecht
	Groot-Amsterdam	Groot-Amsterdam	Groot-Amsterdam	Veluwe
	Leiden	Leiden	Groot-Rijnmond	Groot-Amsterdam
	Groot-Rijnmond	Groot-Rijnmond	Leiden	Leiden
	Veluwe	Veluwe	Arnhem/Nijmegen	Groot-Rijnmond
			Veluwe	Arnhem/Nijmegen
Correlatie	0,66	0,67	0,67	0,65
Concentratie	0,90	0,93	0,91	0,89

Biotechnologie	1988–1992	1993–1996	1997–2000	2001–2004
	Groot-Amsterdam	Groot-Amsterdam	Groot-Amsterdam	Groot-Amsterdam
	Utrecht	Utrecht	Utrecht	Utrecht
	Leiden	Leiden	Groot-Rijnmond	Leiden
	Groot-Rijnmond	Groot-Rijnmond	Leiden	Groot-Rijnmond
Correlatie	0,68	0,67	0,68	0,68
Concentratie	0,92	0,96	0,95	0,92

Organische fijnchemie	1988–1992	1993–1996	1997–2000	2001–2004
	Groot-Amsterdam	Groot-Amsterdam	Groot-Amsterdam	Groot-Amsterdam
	Utrecht	Utrecht	Utrecht	Utrecht
	Leiden	Leiden	Groot-Rijnmond	Leiden
	Groot-Rijnmond	Groot-Rijnmond	Leiden	Groot-Rijnmond
Correlatie	0,68	0,67	0,69	0,68
Concentratie	0,89	0,95	0,93	0,90

behoren, goed scoren. Amsterdam en Utrecht behoren sinds de periode 1988–1992 tot de kern, en de regio Leiden sinds 1993–1996. Voor Rijnmond geldt dit alleen voor de periodes 1993–1996 en 1997–2000. De analyse-, meet- en controletechnologie lijkt hiermee gedomineerd te worden door de *life sciences*.

In tabel 5 staan de resultaten van de kern-periferieanalyse voor de op *physical sciences* gebaseerde sectoren. Opvallend is hier de sterke daling van het absolute aantal regio's die binnen alle technologievelden als kennishub worden beschouwd, en de sterke dynamiek in de regio's die als kennishub fungeren. Deze veel sterkere dynamiek kwam in de vorige paragraaf eveneens naar voren.

De regio's Eindhoven en Delft vormen in de periode 2001–2004 voor alle technologiegebieden de dominante kennishubs en daarmee de as voor de *physical sciences*. Hierbij valt op dat de correlatiescore toeneemt: de ruimtelijke structuur heeft door de tijd een steeds sterkere kern-periferiestructuur gekregen. De in de vorige paragraaf gesuggereerde ruimtelijke uitsortering lijkt hiermee te bestaan uit een ontwikkeling van een structuur met een relatief groot aantal kennishubs tot een structuur waarbij Delft en met name Eindhoven zich ontwikkelen tot duidelijke kennishubs. In het geval van de halfgeleidertechnologie rekenen we ook Groningen nog tot de kern.

Niet geheel verrassend vormen de universiteitsregio's de belangrijkste regio's binnen het netwerk van de *physical sciences*. Omdat slechts ongeveer vijftig procent van de samenwerkingsrelaties tussen wetenschappelijke instellingen plaatsvindt (waarvan universiteiten de belangrijkste vormen), wordt de structuur wel degelijk mede bepaald door andere organisaties. Universiteitsregio's die tevens andere relevante onderzoeksinstellingen en bedrijvigheid in de kennisgedreven sectoren herbergen, vormen binnen die sectoren de kennishubs van Nederland. Zo zorgt de aanwezigheid van een technische universiteit, de verschillende Philips-onderdelen en veel verwante bedrijven als ASML en FEI rondom bijvoorbeeld de halfgeleidertechnologie, de informatietechnologie en de optische technologie, voor een sterke positie van de regio Eindhoven in deze kennisnetwerken.

Een soortgelijk beeld is te zien binnen een aantal van de op *life sciences* gebaseerde technologieën. Naast de aanwezigheid van kennisinstellingen als universiteiten en academische ziekenhuizen zorgt de aanwezigheid van grote bedrijven als Unilever, in de regio Rijnmond, en Akzo-Nobel, in de regio Arnhem–Nijmegen, voor een sterke positie van deze regio's. Ook de regio's Leiden en Wageningen worden niet alleen gekenmerkt door de aanwezigheid van een universiteit, maar ook door een concentratie aan onderzoeksinstellingen en een combinatie van grote bedrijven en relatief veel startende bedrijven op het gebied van de *life sciences*, die alle actief zijn in onderzoek. Voor de regio's Amsterdam en Utrecht geldt dat zij een redelijke mate van bedrijvigheid kennen op het gebied van onderzoekssamenwerking, en een aantal onderzoeksinstituten, naast de aanwezigheid van respectievelijk twee en één grote universiteiten. Zo zijn de in Amsterdam gevestigde instellingen

Tabel 4. Analyse-, meet- en controletechnologie

Analyse-, meet- en controletechnologie	1988–1992	1993–1996	1997–2000	2001–2004
	Groot-Amsterdam Utrecht	Groot-Amsterdam Utrecht Leiden Groot-Rijnmond	Utrecht Groot-Amsterdam Leiden Groot-Rijnmond	Groot-Amsterdam Utrecht Leiden
Correlatie	0,67	0,63	0,65	0,65
Concentratie	0,94	0,92	0,90	0,88

het Nederlands Kanker Instituut en Sanquin Bloedvoorziening belangrijke actoren in het onderzoeksnetwerk van de *life sciences*. Voor de Utrechtse regio is dat het RIVM. Op het gebied van de op *physical sciences* gebaseerde sectoren bevindt zich ook in de regio Delft een concentratie van belangrijke actoren in deze netwerken: naast de TU Delft zijn dat ondermeer verschillende TNO-instellingen.

Synthese

In Nederland zijn er duidelijke ruimtelijke verschillen in de netwerkstructuur van onderzoekssamenwerkingsrelaties. Bepaalde regio's in Nederland kunnen binnen een technologiegebied worden onderscheiden als kennishub. Hiermee lijkt zich binnen Nederland dezelfde ruimtelijke uitsortering voor te doen als in andere landen. Binnen de kennisgedreven technologieën is er sprake van een hoge mate van onderzoekssamenwerking die in ruimtelijke zin plaatsvindt tussen een beperkt aantal regio's. De internationale literatuur suggereert dat deze regio's eveneens de regio's zijn waar zich een ruimtelijke concentratie van innovatie en werkgelegenheidsgroei voordoet. Hoewel er op theoretische en empirische gronden argumenten zijn om dit ook voor de Nederlandse situatie aan te nemen, was dit in deze studie niet het onderwerp van onderzoek. Hierover zullen we dan ook geen uitspraken doen.

De regio's die in Nederland als kennishub naar voren komen, komen niet geheel uit de lucht vallen. Diverse beleidsnota's geven al aan dat bepaalde regio's in Nederland een sterkere positie op het gebied van deze technologieën hebben dan andere. Zo zijn Leiden en Wageningen bekende biotechnologiecentra van Nederland, terwijl Amsterdam in zijn economisch beleid heeft aangegeven onder andere te willen inzetten op de *life sciences*; ook de regio Utrecht ziet hier kansen. Eindhoven is in de beleidsnota's gedefinieerd als de 'brainport' van Nederland; een definitie die, gezien de sterke positie van deze regio op het gebied van de *physical sciences*, niet onterecht is. Als het inderdaad zo is dat kennisvalorisatie een lokaal of regionaal fenomeen is, dan lijkt het zinvol om initiatieven die de kennisgedreven sectoren willen stimuleren, te concentreren in die regio's die als kennishub worden getypeerd.

De kaartbeelden in dit hoofdstuk suggereren dat er duidelijke verschillen zijn tussen de *life sciences* en de *physical sciences*. Niet alleen worden deze netwerken gekarakteriseerd door belangrijke knooppunten, of hubs, in andere regio's, ook blijkt er sprake te zijn van een grotere dynamiek binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën dan binnen de op *life sciences* gebaseerde technologieën. Binnen de *life sciences* is er sprake van een stabiel blijvend regionaal netwerk: regio's die begin jaren negentig dominante posities bekleedden, doen dat eveneens in de latere perioden. Dit zet wel vraagtekens bij het streven van andere dan de huidige kernregio's om knooppunt te worden op het gebied van de *life sciences*.

Binnen de *physical sciences* is er sprake van een veel grotere dynamiek, met name in de perioden 1988–1992 en 1993–1996. Vanaf 1997 lijkt ook hier

Tabel 5. Op *physical sciences* gebaseerde sectoren

Informatietechnologie	1988–1992	1993–1996	1997–2000	2001–2004
	Groot-Amsterdam Arnhem/Nijmegen Delft en Westland Utrecht Leiden Groot-Rijnmond	Delft en Westland Utrecht Groot-Rijnmond	Eindhoven Delft en Westland Twente	Eindhoven Delft en Westland
Correlatie	0,51	0,61	0,59	0,63
Concentratie	0,93	0,95	0,86	0,92

Optische technologie	1988–1992	1993–1996	1997–2000	2001–2004
	Eindhoven Utrecht Arnhem/Nijmegen Delft en Westland Groot-Amsterdam	Delft en Westland 's-Gravenhage Eindhoven	Eindhoven Delft en Westland Twente	Eindhoven Delft en Westland
Correlatie	0,58	0,63	0,64	0,66
Concentratie	0,94	0,91	0,84	0,89

Halfgeleider-technologie	1988–1992	1993–1996	1997–2000	2001–2004
	Eindhoven Groot-Amsterdam Leiden Arnhem/Nijmegen Delft en Westland Utrecht Overig Groningen	Eindhoven Groot-Amsterdam Delft en Westland	Eindhoven Delft en Westland Groot-Amsterdam	Eindhoven Delft en Westland Overig Groningen
Correlatie	0,62	0,67	0,65	0,65
Concentratie	0,93	0,91	0,88	0,86

Telecommunicatie-technologie	1988–1992	1993–1996	1997–2000	2001–2004
	Delft en Westland Eindhoven Groot-Amsterdam Utrecht	Delft en Westland Eindhoven 's-Gravenhage	Delft en Westland Eindhoven	Eindhoven Delft en Westland
Correlatie	0,59	0,65	0,65	0,66
Concentratie	0,89	0,90	0,85	0,89

sprake van een toenemende stabiliteit in de ruimtelijke structuur. Opvallend is verder dat de ruimtelijke structuur van de kennisnetwerken van aanverwante technologieën steeds meer gelijkenis met elkaar vertonen, terwijl de gelijkenis tussen niet-verwante technologieën steeds meer afneemt. Dit zou kunnen duiden op een ruimtelijke uitsortering, waarbij bepaalde regio's in toenemende mate hun positie als kennishub op het gebied van gerelateerde technologieën verstevigen.

Determinanten van het ruimtelijk patroon van samenwerking

DETERMINANTEN VAN HET RUIMTELIJK PATROON VAN SAMENWERKING

Inleiding

In het derde hoofdstuk, 'Trends in onderzoekssamenwerking', kwam naar voren dat de samenwerkingrelaties binnen het wetenschappelijk onderzoek in de kennisgedreven (*science-based*) industrie in sterke mate internationaal gericht is. Tegelijkertijd bestaan er binnen Nederland sterke regionale verschillen in de ruimtelijke structuur van deze samenwerkingsrelaties (vergelijk het hoofdstuk 'De kennishubs van Nederland; een netwerkanalyse').

In dit hoofdstuk willen we nader ingaan op de vraag of samenwerking tussen bepaalde organisaties plaatsvindt op internationale, nationale of regionale schaal, en in hoeverre afstand en ruimtelijke nabijheid daarbij een rol spelen. Eerst onderzoeken we of bepaalde vormen van samenwerking zich vaker voordoen op specifieke ruimtelijke schaalniveaus. Vervolgens gaan we in op de rol die afstand en ruimtelijke nabijheid spelen ten aanzien van de intensiteit van de samenwerkingsrelaties binnen en tussen regio's. Op basis hiervan zullen we uitspraken doen over de structurende rol van afstand en samenwerkingsvorm op het ruimtelijke patroon van kennisnetwerken.

Het ruimtelijke schaalniveau van heterogene en homogene samenwerkingsrelaties

Zijn er bepaalde vormen van samenwerkingsrelaties die vaker voorkomen op bepaalde ruimtelijke schaalniveaus? Die vraag staat in deze paragraaf centraal. Hierbij onderscheiden we samenwerkingsrelaties tussen dezelfde soort organisaties en samenwerking tussen verschillende soorten organisaties. Op basis van de eerder beschreven theoretische inzichten over het belang van ruimtelijke nabijheid voor succesvolle samenwerking (hoofdstuk 'Kennisgedreven sectoren') zouden we verwachten dat heterogene samenwerkingsrelaties (tussen organisaties met een verschillende institutionele achtergrond, zoals universiteiten en bedrijven) vaker op regionale schaal voorkomen dan homogene relaties (samenwerking tussen organisaties met dezelfde achtergrond). Institutionele verschillen kunnen namelijk leiden tot tegengestelde belangen en een ander denkkader, en daardoor samenwerking bemoeilijken. In het geval van dit soort heterogene samenwerkingsrelaties moet wederzijds vertrouwen de basis vormen voor een succesvolle samenwerking. Wederzijds vertrouwen kan bijvoorbeeld ontstaan door frequente interactie tussen de partijen, en voor die frequente interactie kan ruimtelijke nabijheid een belangrijke stimulans vormen. Boschma (2005) spreekt in deze context over de faciliterende rol die ruimtelijke nabijheid kan spelen bij het overbruggen van institutionele en cognitieve verschillen tussen organisaties.

Om deze verwachting te testen hebben we multipale chi-kwadraattesten uitgevoerd. Deze laten zien in hoeverre het aandeel van een bepaalde samenwerkingsvorm op een bepaald ruimtelijk schaalniveau significant hoger is dan op een ander ruimtelijk schaalniveau. De chi-kwadraattest op onafhankelijkheid stelt als hypothese dat het ruimtelijke schaalniveau en de vorm van samenwerking niet gerelateerd zijn. Hierbij wordt aangenomen dat de aandelen van de verschillende samenwerkingsvormen binnen alle ruimtelijke schaalniveaus even groot zijn en dat mogelijke afwijkingen hiervan op toeval berusten. Om dit te testen hebben we een vergelijking gemaakt van de gemiddelde aandelen van elke vorm op de verschillende ruimtelijke schaalniveaus en kijken we naar significante verschillen hiertussen. Hierbij is de zogenaamde Bonferroni-aanpassing⁸ toegepast.

Allereerst hebben we gekeken in hoeverre er op de verschillende ruimtelijke schaalniveaus significante verschillen bestaan tussen de aandelen van homogene en heterogene samenwerkingsrelaties. In tabel 6 worden de uitkomsten voor de acht technologieën weergegeven, met per ruimtelijk schaalniveau het aandeel homogene en heterogene samenwerkingsrelaties. Tegelijkertijd geeft de tabel het absolute aantal samenwerkingsrelaties per ruimtelijk schaalniveau en per samenwerkingsvorm. Met behulp van kleuren hebben we aangegeven in welke mate het aandeel van een bepaalde samenwerkingsvorm op het ene ruimtelijke schaalniveau significant hoger is dan op het andere. Vervolgens hebben we de percentages met elkaar vergeleken, om te zien om welke ruimtelijke schaalniveaus het gaat.

Zo blijkt uit tabel 6 dat het bij 53,9 procent van alle samenwerkingsrelaties binnen de landbouw- en voedselchemie binnen een coropgebied gaat om heterogene samenwerkingsrelaties. De paarse kleur geeft aan dat deze 53,9 procent significant hoger is dan het aandeel heterogene samenwerkingsrelaties op alle andere ruimtelijke schaalniveaus. Op het niveau van de provincie is het aandeel homogene samenwerkingsrelaties 58,1 procent. De lichtroze kleur geeft aan dat dit percentage significant hoger is dan het aandeel homogene samenwerkingsrelaties op één ander ruimtelijk schaalniveau: het coropniveau, zo blijkt wanneer we de procentuele aandelen van de homogene samenwerkingsrelaties op alle ruimtelijke schaalniveaus bekijken. Met andere woorden: het aandeel homogene samenwerkingsrelaties op provinciaal niveau is significant hoger dan het aandeel homogene samenwerkingsrelaties op coropniveau.

De belangrijkste conclusie die we uit tabel 6 kunnen trekken, is dat heterogene samenwerkingsrelaties significant belangrijker zijn op regionale schaal en dat homogene samenwerking significant belangrijker is op internationale schaal. Samenwerking tussen verschillende soorten organisaties komt relatief vaker voor op lagere ruimtelijke schaalniveaus, terwijl samenwerking tussen dezelfde soort organisaties veel vaker plaatsvindt op internationale schaal. Dit bevestigt de stelling dat ruimtelijke nabijheid en institutionele nabijheid elkaar aanvullen en dat er een inverse relatie bestaat.

8. De Bonferroni-aanpassing zorgt ervoor dat de α -waarde van elke individuele chi-kwadraattest naar beneden wordt bijgesteld, zodat de waarde van α over de gehele test op het gewenste niveau blijft. Dit is nodig omdat de kans op het maken van een 'fout van de eerste soort' (het ten onrechte verwerpen van de nulhypothese) toeneemt als het aantal individuele testen binnen de multipale test toeneemt. Wanneer er k multipale significantietesten op onafhankelijkheid worden uitgevoerd, is de kans op het maken van ten minste één 'fout van de eerste soort' $1-(1-\alpha)^k$. Met bijvoorbeeld $k=10$ en $\alpha=0,05$ is er een kans van 40% dat ten minste één van de tien testen significant wordt verklaard. De Bonferroni-aanpassing zorgt ervoor dat de α van de totale test op de gewenste waarde blijft door voor elke individuele test α/k als α te nemen. In de hier uitgevoerde analyses is het significantieniveau voor de gehele multipale test vastgesteld op 0,01

Tabel 6. Heterogene en homogene samenwerkingsrelaties

Landbouw- en voedselchemie	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Homogeen	46,1%	58,1%	54,3%	53,5%	60,7%	63,0%	61,8%	33.239
Heterogeen	53,9%	41,9%	45,7%	46,5%	39,3%	37,0%	38,2%	23.367
Absoluut	4.671	1.312	3.764	6.337	23.875	9.160	7.487	
Biotechnologie								
Homogeen	44,3%	52,6%	53,7%	56,1%	59,6%	61,0%	60,4%	37.516
Heterogeen	55,7%	47,4%	46,3%	43,9%	40,4%	39,0%	39,6%	27.770
Absoluut	6.211	1.739	5.301	6.508	26.720	11.125	7.682	
Organische fijnchemie								
Homogeen	46,4%	52,5%	51,1%	54,3%	59,0%	60,2%	61,6%	38.690
Heterogeen	53,6%	47,5%	48,9%	45,7%	41,0%	39,8%	38,4%	29.386
Absoluut	6.803	1.835	6.148	7.434	27.267	10.793	7.796	
Analyse-, meet- en controletechnologie								
Homogeen	47,1%	51,9%	52,5%	54,8%	64,3%	67,7%	65,9%	21.955
Heterogeen	52,9%	48,1%	47,5%	45,2%	35,7%	32,3%	34,1%	13.362
Absoluut	2.504	644	2.092	2.923	15.728	6.093	5.333	
Informatietechnologie								
Homogeen	47,3%	30,8%	63,2%	49,0%	58,3%	61,9%	65,0%	4.326
Heterogeen	52,7%	69,2%	36,8%	51,0%	41,7%	38,1%	35,0%	3.348
Absoluut	603	235	510	939	3.036	1.245	1.106	
Optische technologie								
Homogeen	32,8%	31,4%	54,0%	46,1%	58,0%	66,2%	66,7%	7.280
Heterogeen	67,2%	68,6%	46,0%	53,9%	42,0%	33,8%	33,3%	5.407
Absoluut	740	175	507	1.517	5.600	1.764	2.384	
Halfgeleidertechnologie								
Homogeen	40,7%	38,0%	63,9%	47,3%	65,0%	66,6%	69,8%	9.384
Heterogeen	59,3%	62,0%	36,1%	52,7%	35,0%	33,4%	30,2%	5.446
Absoluut	639	142	592	1.416	6.783	1.859	3.399	
Telecommunicatietechnologie								
Homogeen	40,2%	26,5%	59,7%	48,3%	58,8%	65,1%	65,1%	6.353
Heterogeen	59,8%	73,5%	40,3%	51,7%	41,2%	34,9%	34,9%	4.567
Absoluut	671	189	447	1.223	4.557	1.822	2.011	



Significant belangrijker dan x schaalniveaus

Tussen de technologievelen blijken echter wel verschillen te bestaan. Het beeld van een inverse relatie tussen ruimtelijke en institutionele nabijheid is het sterkst te zien bij de biotechnologie en de organische fijnchemie. Tegelijkertijd blijkt dat bij de informatietechnologie, de halfgeleidertechnologie en de telecomsector dit beeld wat minder sterk is. In deze technologieën komen homogene samenwerkingsrelaties op het niveau van het landsdeel zeer vaak voor.

Het algemene beeld dat samenwerkingsrelaties tussen dezelfde organisaties vaker plaatsvinden op nationale en internationale schaal en samenwerkingsrelaties tussen verschillende soorten organisaties vaker op regionale schaal, blijft evenwel overeind. De belangrijkste conclusie is dan ook dat ruimtelijke nabijheid vooral van belang lijkt voor heterogene samenwerkingsrelaties, terwijl zij voor homogene samenwerkingsrelaties nauwelijks een rol lijkt te spelen.

Ruimtelijke patronen van heterogene en homogene samenwerkingsrelaties

Hoe zijn de verschillende varianten van de heterogene en homogene samenwerkingsrelaties ruimtelijk uitgesorteerd? Op basis van de driedeling wetenschappelijke organisaties, overheidsorganisaties en bedrijven kunnen we zes varianten van samenwerking onderscheiden: drie heterogene varianten en drie homogene varianten.

In tabel 7 is het aandeel van een bepaalde samenwerkingvariant binnen alle samenwerkingsrelaties op een ruimtelijk schaalniveau aangegeven. De kleuren geven een indicatie van de mate waarin dit aandeel significant afwijkt van het aandeel van dezelfde samenwerkingvorm op een ander ruimtelijk schaalniveau (vergelijk ook tabel 6).

Uit de tabel blijkt dat samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen een duidelijk internationaal karakter heeft. Voor sommige technologieën (landbouw en voedselchemie, biotechnologie) is de vs dominant in de wetenschappelijke samenwerkingsrelaties; bij andere (optische technologie en informatietechnologie) zijn dat de overige landen buiten de EU, en in het bijzonder de Aziatische landen. Hiernaast vindt wetenschappelijke samenwerking binnen alle technologieën ook relatief vaak plaats met EU-landen.

Met name samenwerkingsrelaties tussen wetenschappelijke instellingen en overheidsinstellingen hebben een sterk regionaal karakter, terwijl dat voor samenwerkingsrelaties tussen bedrijven en universiteiten veel minder het geval is. In tegenstelling tot wat de literatuur over regionale innovatiesystemen doet vermoeden, lijkt onderzoekssamenwerking tussen bedrijfsleven en wetenschappelijke instellingen juist op nationaal niveau plaats te vinden. Het nationale innovatiesysteem lijkt voor Nederland dus relevanter dan het regionale innovatiesysteem. Het is echter wel van belang te beseffen dat het hier alleen samenwerking in onderzoek betreft. Over de ruimtelijke karakteristieken van andere samenwerkingsvormen kan op basis van deze data geen uitspraak worden gedaan.

De aanwezigheid van wetenschappelijke instellingen in een regio gaat niet automatisch samen met veel regionale kennisrelaties met kennisgedreven bedrijven. De vraag is dan waarom veel universitaire regio's streven naar een regionaal (gesloten) innovatiesysteem. Immers, hierboven zagen we dat juist de onderzoekssamenwerkingsrelaties tussen kennisinstellingen en bedrijfsleven op nationaal niveau spelen. Mochten regionale innovatiesystemen in Nederland al bestaan, dan suggereren de uitkomsten van deze analyse dat hier andere mechanismen aan ten grondslag liggen dan onderzoekssamenwerking.

Ruimtelijke nabijheid en de intensiteit van de samenwerking

In de vorige twee paragrafen hebben we laten zien dat bepaalde vormen van samenwerking vaker op regionaal niveau voorkomen dan andere. Deze uitkomsten suggereren dat het belang van ruimtelijke nabijheid voor samenwerking (mede)afhankelijk is van de achtergronden van de organisaties die met elkaar samenwerken. In deze paragraaf bepalen we voor de verschillende vormen van samenwerking hoe sterk het effect is van ruimtelijke nabijheid op de intensiteit van de samenwerking tussen en binnen regio's in Nederland.

Zwaartekrachtmodellen

Met behulp van het zwaartekrachtmodel hebben we geanalyseerd hoe belangrijk ruimtelijke nabijheid is voor onderzoekssamenwerking. Dit model is gebaseerd op de natuurkundige wet van Newton dat de kracht die twee massa's op elkaar uitoefenen, afhankelijk is van de grootte van beide massa's en de afstand tussen deze massa's. Dit model is binnen de geografie en de economische geografie herhaaldelijk succesvol toegepast om interactie tussen twee ruimtelijke eenheden te verklaren. Zo heeft Jan Tinbergen (1962) de intensiteit van de handel tussen twee landen geanalyseerd met behulp van het zwaartekrachtmodel, met BVP en afstand als verklarende variabelen.

Het zwaartekrachtmodel is in de volgende formule weergegeven:

$$I_{ij} = K \frac{M_i * M_j}{d_{ij}^b}$$

Toegepast in ons onderzoek staat I voor de intensiteit van de samenwerking (het aantal samenwerkingsrelaties) in onderzoek tussen twee regio's, M voor het totale aantal samenwerkingsrelaties van een regio en d voor de afstand tussen twee regio's. K is een constante. Omdat het om samenwerkingsrelaties gaat, is er geen sprake van herkomst- of bestemmingsregio's en kan deze formule worden herleid tot de volgende vergelijking:

$$I_{ij} = K + a_1 (\log) M + a_2 (\log) d_{ij} + \epsilon$$

De absolute interactie tussen twee regio's wordt hierbij afhankelijk gesteld van het totale aantal samenwerkingsrelaties (op nationaal niveau) van beide regio's, de gemiddelde reistijd⁹ tussen deze regio's en overige factoren. In

⁹ De gemiddelde reistijd is gebaseerd op het Onderzoek Verplaatsingsgedrag uit 2003, en is een gewogen gemiddelde van reistijd per openbaar vervoer en per auto.

Tabel 7. Het relatieve belang van verschillende ruimtelijke schaalniveaus voor verschillende vormen van samenwerking

Landbouw- en voedselchemie								
	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Wetenschap	34,7%	49,2%	45,5%	44,0%	52,8%	58,0%	54,2%	28.749
Bedrijven	0,6%	0,8%	0,4%	0,5%	0,8%	0,9%	0,2%	362
Overheid	10,7%	8,2%	8,3%	9,0%	7,1%	4,0%	7,5%	4.128
Wetenschap-bedrijven	5,6%	8,5%	7,0%	8,8%	5,2%	6,1%	3,2%	3.244
Wetenschap-overheid	46,7%	31,8%	36,4%	34,7%	31,8%	28,7%	33,8%	18.928
Overheid-bedrijven	1,6%	1,6%	2,4%	3,0%	2,2%	2,2%	1,2%	1.195
Absoluut	4.671	1.312	3.764	6.337	23.875	9.160	7.487	

Biotechnologie								
	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Wetenschap	33,8%	42,0%	44,4%	46,7%	52,0%	54,8%	51,6%	32.159
Bedrijven	0,5%	0,7%	0,2%	0,5%	0,5%	0,7%	0,1%	308
Overheid	10,0%	9,9%	9,1%	8,9%	7,2%	5,5%	8,7%	5.049
Wetenschap-bedrijven	5,1%	6,7%	5,5%	8,8%	5,4%	7,0%	2,9%	3.752
Wetenschap-overheid	49,3%	38,8%	38,9%	33,1%	32,8%	29,3%	35,6%	22.705
Overheid-bedrijven	1,3%	2,0%	1,8%	2,1%	2,2%	2,7%	1,0%	1.313
Absoluut	6.211	1.739	5.301	6.508	26.720	11.125	7.682	

Organische fijnchemie								
	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Wetenschap	33,4%	39,5%	40,9%	43,2%	50,8%	53,7%	52,5%	32.463
Bedrijven	0,8%	0,7%	0,2%	0,7%	0,8%	1,1%	0,2%	483
Overheid	12,2%	12,3%	10,0%	10,4%	7,4%	5,5%	8,9%	5.744
Wetenschap-bedrijven	4,7%	7,3%	6,8%	9,6%	6,7%	7,5%	3,3%	4.474
Wetenschap-overheid	47,5%	38,6%	40,2%	33,8%	31,6%	29,1%	34,0%	23.341
Overheid-bedrijven	1,4%	1,6%	2,0%	2,2%	2,7%	3,2%	1,1%	1.571
Absoluut	6.803	1.835	6.148	7.434	27.267	10.793	7.796	

Analyse-, meet- en controletechnologie								
	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Wetenschap	37,3%	44,3%	47,9%	48,9%	59,1%	61,7%	61,5%	19.977
Bedrijven	4,2%	2,3%	1,2%	2,7%	2,3%	3,4%	1,0%	857
Overheid	5,6%	5,3%	3,3%	3,1%	2,9%	2,5%	3,4%	1.121
Wetenschap-bedrijven	15,4%	19,3%	13,1%	22,9%	10,0%	9,6%	6,2%	3.948
Wetenschap-overheid	35,8%	26,1%	32,1%	18,7%	22,2%	20,5%	25,8%	8.396
Overheid-bedrijven	1,8%	2,8%	2,3%	3,6%	3,6%	2,2%	2,0%	1.018
Absoluut	2.504	644	2.092	2.923	15.728	6.093	5.333	



Informatietechnologie								
	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Wetenschap	33,0%	24,8%	60,5%	42,0%	46,8%	48,3%	58,5%	3.607
Bedrijven	11,1%	0,5%	1,5%	4,9%	8,2%	13,2%	4,5%	527
Overheid	3,1%	5,6%	1,3%	2,2%	3,3%	0,3%	1,9%	192
Wetenschap-bedrijven	29,6%	30,4%	13,2%	31,7%	16,0%	25,5%	12,9%	1.553
Wetenschap-overheid	21,4%	33,6%	20,1%	15,8%	20,1%	11,4%	18,5%	1.435
Overheid-bedrijven	1,8%	5,1%	3,6%	3,5%	5,6%	1,1%	3,7%	360
Absoluut	603	235	510	939	3.036	1.245	1.106	

Optische technologie								
	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Wetenschap	15,4%	24,6%	48,3%	39,7%	49,5%	56,7%	63,3%	6.290
Bedrijven	13,1%	1,1%	3,4%	4,6%	5,8%	9,1%	2,1%	718
Overheid	4,3%	5,7%	2,4%	1,8%	2,7%	0,4%	1,3%	272
Wetenschap-bedrijven	31,4%	43,4%	25,8%	38,6%	19,5%	19,7%	9,8%	2.697
Wetenschap-overheid	31,6%	18,9%	15,0%	11,5%	17,2%	12,0%	21,0%	2.194
Overheid-bedrijven	4,2%	6,3%	5,1%	3,8%	5,3%	2,0%	2,5%	516
Absoluut	740	175	507	1.517	5.600	1.764	2.384	

Halfgeleidertechnologie								
	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Wetenschap	25,2%	30,3%	61,7%	43,1%	59,0%	59,7%	67,2%	8.576
Bedrijven	10,0%	0,0%	0,8%	2,5%	3,1%	5,4%	0,8%	443
Overheid	5,5%	7,7%	1,4%	1,7%	2,9%	1,5%	1,9%	365
Wetenschap-bedrijven	26,3%	17,6%	12,5%	36,4%	13,3%	16,5%	6,6%	2.212
Wetenschap-overheid	28,8%	42,3%	21,3%	12,3%	17,8%	15,2%	22,3%	2.793
Overheid-bedrijven	4,2%	2,1%	2,4%	4,0%	3,9%	1,7%	1,3%	441
Absoluut	639	142	592	1.416	6.783	1.859	3.399	

Telecommunicatietechnologie								
	Corop	Provincie	Landsdeel	Nederland	EU	USA	Internationaal	Absoluut
Wetenschap	25,0%	19,0%	55,9%	42,0%	49,8%	55,3%	61,3%	5.477
Bedrijven	12,2%	0,0%	2,2%	4,7%	6,4%	9,4%	2,3%	661
Overheid	3,0%	7,4%	1,6%	1,6%	2,5%	0,4%	1,5%	215
Wetenschap-bedrijven	33,8%	39,2%	19,2%	36,2%	16,6%	21,1%	9,9%	2.171
Wetenschap-overheid	23,4%	29,1%	17,4%	11,3%	18,3%	12,0%	21,7%	1.917
Overheid-bedrijven	2,5%	5,3%	3,6%	4,2%	6,3%	1,8%	3,2%	479
Absoluut	671	189	447	1.223	4.557	1.822	2.011	



plaats van afstand hebben we gekozen voor de gemiddelde reistijd tussen regio's, omdat dit een beter beeld geeft van de reële verschillen in nabijheid tussen regio's. Massa heeft betrekking op het totaal aantal samenwerkingsrelaties van de samenwerkingsvorm waarover uitspraken worden gedaan. Met andere woorden: kijken we naar de intensiteit van samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen, dan is de massa het totaal aantal wetenschappelijke samenwerkingsrelaties in de regio. Andere vormen van samenwerkingsrelaties worden dus buiten beschouwing gelaten.

Aangezien de variabelen niet normaal zijn verdeeld, hebben we gekozen voor een zogeheten negatieve binominale regressiemethode voor *countdata*. De regressies zijn uitgevoerd voor de zes mogelijke vormen van samenwerkingsrelaties voor alle technologieën. In tabel 8 staan de resultaten per technologieveld weergegeven.

Hier is het aantal observaties (N) op twee manieren weergegeven. Allereerst is het absolute aantal relaties weergegeven die tussen de regio's voorkomen. Hierop zijn de regressieanalyses gebaseerd. Ten tweede is het aantal relaties dat tussen de regio's aanwezig is, aangegeven; dit is gebaseerd op het totaal aantal regio's waartussen een relatie mogelijk is. Het aantal relaties tussen de regio's is dan $N*(N-1)/2$. Als alle regio's ten minste één samenwerkingsrelatie onderhouden, zijn er 780 relaties mogelijk tussen regio's (bij 40 coropregio's).

Sommige regio's hebben geen enkele samenwerkingsrelatie met elkaar. Dit kan twee oorzaken hebben. Ten eerste kunnen er regio's zijn die simpelweg geen organisaties hebben die samenwerkingsrelaties onderhouden met organisaties in andere regio's (de massa is dus nul). Deze regio's wegen niet mee in de regressievergelijkingen, omdat we de intensiteit van de interactie tussen regio's willen verklaren; zijn er geen samenwerkingsrelaties vanuit een regio mogelijk, dan is er uiteraard ook niets te verklaren. Ten tweede is het mogelijk dat twee regio's weliswaar samenwerkingsrelaties onderhouden met andere regio's, maar niet onderling. Deze observaties zijn in de analyse wél meegenomen, omdat samenwerking mogelijk is maar niet heeft plaatsgevonden (al dan niet onder invloed van een te hoge reistijd). Met het aantal relaties tussen regio's wordt in tabel 8 dan ook bedoeld alle mogelijke relaties tussen regio's die ten minste één samenwerkingsrelatie onderhouden.

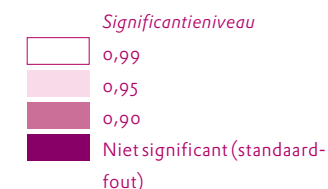
Ruimtelijke nabijheid en samenwerking

Als we de uitkomsten van de modellen interpreteren (zie bijlage 3), dan vallen de volgende zaken op. De massa is in alle gevallen duidelijk positief. Een belangrijk deel van de interactie tussen regio's wordt verklaard door de massa's van die regio's. Dit is ook logisch: de kans dat er samenwerkingsrelaties plaatsvinden tussen twee regio's is hoger als in beide regio's veel organisaties gevestigd zijn die in sterke mate samenwerken met organisaties in andere regio's.

Interessanter is het om te kijken naar de waarde en het significantieniveau van de coëfficiënt van de gemiddelde reistijd. Op het moment dat de coëffi-

Tabel 8. Zwaartekrachtmodellen: uitkomsten negatief binominale regressieanalyses

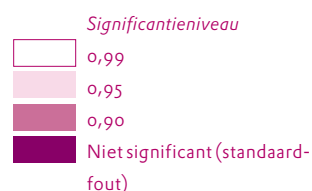
	Massa	Reistijd	Constante	N relaties tus- sen regio's	N totaal aantal relaties	Pseudo R ²	Log likeli- hood
Landbouw- en voedselchemie							
Totaal	0,857 (0,018)	-0,008 (0,001)	-7,647 (0,186)	1.521	16.084	0,30	-2481,06
Homogeen	0,734 (0,026)	-0,009 (0,001)	-5,488 (0,204)	1.444	8.349	0,25	-1901,38
Heterogeen	0,962 (0,024)	-0,006 (0,001)	-8,526 (0,246)	1.444	7.735	0,31	-1933,25
Wetenschap	0,937 (0,030)	-0,003 (0,001)	-8,363 (0,328)	324	6.770	0,28	-713,76
Bedrijven	0,904 (0,114)	-0,006 (0,002)	-4,195 (0,451)	576	86	0,22	-244,63
Overheidsinstellingen	0,781 (0,037)	-0,010 (0,001)	-5,082 (0,263)	1.444	1.493	0,25	-1392,49
Bedrijf/wetenschap	0,957 (0,039)	-0,004 (0,001)	-7,032 (0,308)	1.024	1.191	0,33	-833,60
Overheid/wetenschap	0,955 (0,028)	-0,007 (0,001)	-8,177 (0,274)	1.444	6.166	0,31	-1681,04
Overheid/bedrijf	0,971 (0,059)	-0,007 (0,002)	-5,815 (0,376)	1.024	378	0,30	-593,11
Analyse-, meet- en controletechnologie							
Totaal	0,911 (0,022)	-0,005 (0,001)	-8,107 (0,224)	1.521	8.160	0,33	-1746,27
Homogeen	0,856 (0,030)	-0,004 (0,001)	-7,016 (0,288)	1.024	4.211	0,27	-1142,88
Heterogeen	0,918 (0,027)	-0,005 (0,001)	-7,561 (0,252)	1.521	3.949	0,33	-1480,59
Wetenschap	0,914 (0,043)	-0,002 (0,001)	-7,695 (0,420)	289	3.650	0,24	-685,66
Bedrijven	0,759 (0,066)	-0,009 (0,002)	-3,742 (0,323)	729	227	0,27	-382,22
Overheidsinstellingen	0,724 (0,057)	-0,009 (0,002)	-3,894 (0,369)	625	334	0,26	-446,51
Bedrijf/wetenschap	0,932 (0,039)	-0,006 (0,001)	-6,736 (0,301)	1.089	1.452	0,32	-975,01
Overheid/wetenschap	0,855 (0,033)	-0,007 (0,001)	-6,333 (0,289)	1.156	2.281	0,34	-958,93
Overheid/bedrijf	0,923 (0,073)	-0,002 (0,001)	-5,477 (0,404)	961	216	0,24	-524,12
Biotechnologie							
Totaal	0,851 (0,018)	-0,009 (0,001)	-7,616 (0,184)	1.521	19.759	0,29	-2598,28
Homogeen	0,731 (0,026)	-0,011 (0,001)	-5,400 (0,198)	1.369	10.162	0,24	-2008,96
Heterogeen	0,948 (0,024)	-0,006 (0,001)	-8,506 (0,249)	1.521	9.597	0,30	-2051,33
Wetenschap	0,912 (0,028)	-0,004 (0,001)	-8,122 (0,308)	324	8.223	0,30	-713,90
Bedrijven	0,874 (0,121)	-0,005 (0,002)	-4,137 (0,447)	484	83	0,19	-239,13
Overheidsinstellingen	0,787 (0,036)	-0,011 (0,001)	-5,180 (0,259)	1.369	1.856	0,25	-1506,43
Bedrijf/wetenschap	0,956 (0,041)	-0,005 (0,001)	-6,940 (0,323)	1.024	1.298	0,31	-895,36
Overheid/wetenschap	0,942 (0,027)	-0,006 (0,001)	-8,258 (0,268)	1.444	7.953	0,30	-1784,66
Overheid/bedrijf	0,858 (0,056)	-0,007 (0,002)	-5,031 (0,373)	1.024	346	0,29	-590,05



Vervolg →

Vervolg Tabel 8

	Massa	Reistijd	Constante	N relaties tus- sen regio's	N totaal aantal relaties	Pseudo R ²	Log likeli- hood
Informatietechnologie							
Totaal	0,927 (0,034)	-0,006 (0,001)	-7,047 (0,289)	1.089	2.074	0,31	-991,23
Homogeen	0,902 (0,050)	-0,004 (0,001)	-6,357 (0,389)	529	1.036	0,26	-638,22
Heterogeen	0,920 (0,042)	-0,007 (0,001)	-6,264 (0,310)	1.024	1.038	0,32	-767,23
Wetenschap	0,953 (0,066)	-0,002 (0,001)	-6,838 (0,516)	289	873	0,25	-481,66
Bedrijven	0,749 (0,082)	-0,007 (0,002)	-3,501 (0,467)	289	110	0,30	-150,93
Overheidsinstellingen	0,613 (0,196)	-0,013 (0,003)	-2,095 (0,639)	256	53	0,16	-154,33
Bedrijf/wetenschap	0,927 (0,049)	-0,006 (0,001)	-5,874 (0,343)	784	554	0,37	-434,24
Overheid/wetenschap	0,894 (0,071)	-0,006 (0,001)	-5,381 (0,448)	441	417	0,24	-494,71
Overheid/bedrijf	0,885 (0,131)	-0,004 (0,003)	-4,133 (0,558)	400	67	0,20	-190,73
Optische technologie							
Totaal	0,955 (0,030)	-0,003 (0,001)	-7,890 (0,271)	1.024	2.939	0,32	-1076,16
Homogeen	0,937 (0,045)	-0,003 (0,001)	-7,026 (0,357)	576	1.272	0,25	-706,96
Heterogeen	0,943 (0,036)	-0,003 (0,001)	-7,226 (0,292)	1.024	1.667	0,33	-871,39
Wetenschap	1,043 (0,061)	-0,000 (0,001)	-8,124 (0,501)	225	1.004	0,26	-447,97
Bedrijven	0,769 (0,087)	-0,006 (0,002)	-3,941 (0,434)	400	186	0,24	-255,01
Overheidsinstellingen	0,700 (0,205)	-0,003 (0,003)	-3,363 (0,886)	169	82	0,09	-176,95
Bedrijf/wetenschap	0,935 (0,046)	-0,002 (0,001)	-6,831 (0,335)	900	1.025	0,33	-667,01
Overheid/wetenschap	0,881 (0,065)	-0,005 (0,001)	-5,517 (0,445)	361	517	0,29	-411,03
Overheid/bedrijf	0,864 (0,104)	-0,004 (0,002)	-4,471 (0,471)	441	125	0,21	-307,14
Organische fijnchemie							
Totaal	0,827 (0,017)	-0,008 (0,001)	-7,417 (0,175)	1.600	22.220	0,28	-2989,88
Homogeen	0,700 (0,025)	-0,010 (0,001)	-5,175 (0,183)	1.444	11.299	0,24	-2379,54
Heterogeen	0,985 (0,025)	-0,006 (0,001)	-9,095 (0,261)	1.600	10.921	0,28	-2277,48
Wetenschap	0,943 (0,025)	-0,004 (0,001)	-8,642 (0,281)	400	8.720	0,34	-700,48
Bedrijven	0,846 (0,086)	-0,007 (0,001)	-4,126 (0,340)	625	136	0,24	-315,87
Overheidsinstellingen	0,763 (0,033)	-0,010 (0,001)	-5,161 (0,236)	1.444	2.443	0,24	-1886,88
Bedrijf/wetenschap	1,017 (0,043)	-0,005 (0,001)	-7,663 (0,334)	1.089	1.592	0,29	-1034,85
Overheid/wetenschap	0,975 (0,028)	-0,006 (0,001)	-8,769 (0,281)	1.600	8.921	0,29	-1957,25
Overheid/bedrijf	0,887 (0,053)	-0,007 (0,001)	-5,337 (0,344)	1.156	408	0,28	-719,55



	Massa	Reistijd	Constante	N relaties tus- sen regio's	N totaal aantal relaties	Pseudo R ²	Log likeli- hood
Halfgeleidertechnologie							
Totaal	0,954 (0,033)	-0,005 (0,001)	-7,612 (0,291)	784	2.789	0,35	-815,79
Homogeen	0,927 (0,055)	-0,004 (0,001)	-6,795 (0,433)	289	1.362	0,24	-522,36
Heterogeen	0,926 (0,044)	-0,005 (0,001)	-6,728 (0,340)	729	1.427	0,32	-697,29
Wetenschap	0,974 (0,057)	-0,001 (0,001)	-7,477 (0,475)	196	1.179	0,31	-377,47
Bedrijven	0,737 (0,131)	-0,004 (0,003)	-3,474 (0,615)	121	105	0,20	-114,22
Overheidsinstellingen	0,841 (0,175)	-0,008 (0,003)	-3,565 (0,594)	169	78	0,14	-147,26
Bedrijf/wetenschap	0,902 (0,060)	-0,004 (0,002)	-6,113 (0,398)	529	783	0,27	-480,78
Overheid/wetenschap	0,882 (0,077)	-0,005 (0,001)	-5,487 (0,504)	324	544	0,26	-413,58
Overheid/bedrijf	0,848 (0,118)	0,002 (0,002)	-4,815 (0,563)	256	100	0,19	-195,83
Telecommunicatietechnologie							
Totaal	0,964 (0,032)	-0,004 (0,001)	-7,722 (0,278)	1.089	2.530	0,34	-975,47
Homogeen	0,955 (0,048)	-0,003 (0,001)	-7,079 (0,379)	441	1.178	0,27	-624,16
Heterogeen	0,941 (0,037)	-0,005 (0,001)	-6,847 (0,290)	1.024	1.352	0,32	-777,02
Wetenschap	0,989 (0,060)	-0,002 (0,001)	-7,326 (0,469)	289	968	0,27	-488,21
Bedrijven	0,732 (0,162)	-0,007 (0,002)	-3,097 (0,631)	225	149	0,18	-164,73
Overheidsinstellingen	0,669 (0,105)	-0,003 (0,003)	-3,451 (0,523)	256	61	0,20	-185,02
Bedrijf/wetenschap	0,960 (0,049)	-0,004 (0,001)	-6,611 (0,363)	784	830	0,35	-497,37
Overheid/wetenschap	0,908 (0,063)	-0,004 (0,001)	-5,688 (0,410)	441	428	0,28	-456,64
Overheid/bedrijf	0,952 (0,110)	-0,001 (0,002)	-4,916 (0,500)	400	94	0,23	-247,79

ciënt niet significant is, heeft de gemiddelde reistijd tussen regio's geen invloed op de intensiteit van de samenwerking. In deze gevallen lijkt ruimtelijke nabijheid bij onderzoekssamenwerking dus geen rol te spelen. Verschillen in de waarde van de coëfficiënt kunnen worden geïnterpreteerd als verschillen in het effect dat de gemiddelde reistijd heeft op de intensiteit van de samenwerking, en hiermee mogelijk als het relatieve belang van ruimtelijke nabijheid voor samenwerking.

In figuur 38 zijn de coëfficiënten van de gemiddelde reistijd afgezet tegen de coëfficiënten van de massa. In de oorspronkelijke regressievergelijking heeft de coëfficiënt van de reistijd uiteraard een negatieve waarde (hoe langer de reistijd hoe minder de interactie). Een hogere waarde op de y-as betekent in deze figuur dan ook een sterker negatief effect van reistijd op de intensiteit van de interactie tussen twee regio's. Er zijn duidelijke verschillen tussen de waarde van de coëfficiënt voor reistijd tussen de verschillende technologieën. Er is een tweedeling te zien waarbij het onderscheid tussen *life sciences* en *physical sciences* naar voren komt; beide groepen zijn omcirkeld in de figuur. De waarde van de coëfficiënt van de gemiddelde reistijd is hoger binnen de biotechnologie, de organische fijnchemie en de landbouw- en voedselchemie dan binnen de *physical sciences* en de analyse-, meet- en controletechnologie. Het lijkt er dus op dat ruimtelijke nabijheid binnen de *life sciences* een belangrijkere rol speelt voor onderzoekssamenwerking dan binnen de *physical sciences*.

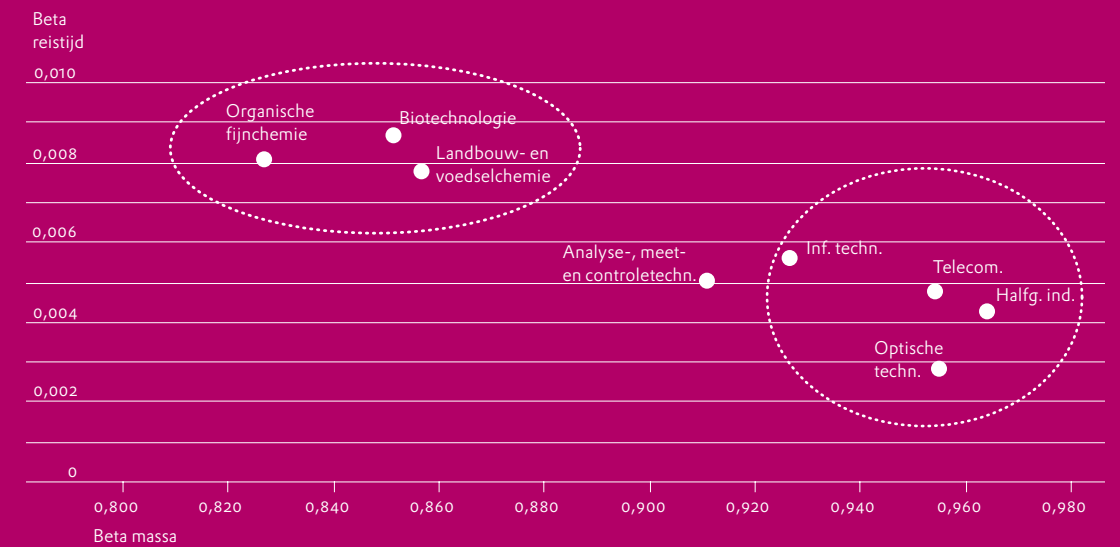
Ruimtelijke nabijheid en vormen van samenwerking

De vraag is uiteraard in welke mate ruimtelijke nabijheid van belang is voor welke vormen van samenwerking en in hoeverre dit tussen technologieën verschilt. De verwachting is dat reistijd met name een negatieve invloed heeft op de intensiteit van heterogene samenwerkingsrelaties, dat wil zeggen: de relaties tussen verschillende soorten organisaties. Zoals eerder in deze studie is aangegeven, zou ruimtelijke nabijheid immers faciliterend werken om samenwerking tussen organisaties met een verschillende institutionele achtergrond tot een succes te maken.

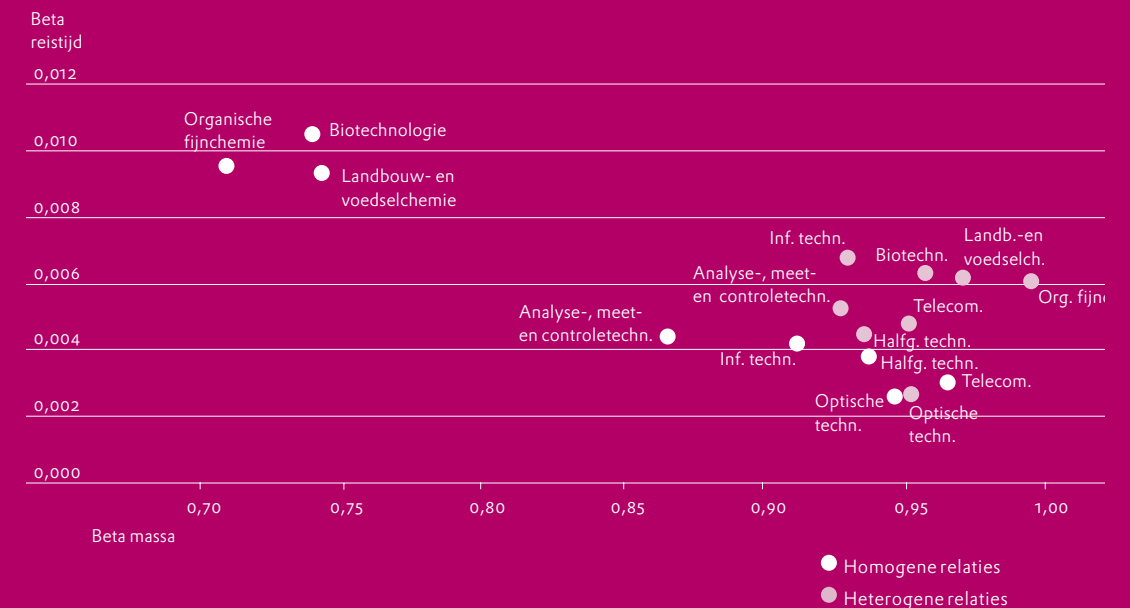
In figuur 39 zijn de coëfficiënten van de reistijd en de massa voor zowel heterogene als homogene relaties tegen elkaar afgezet. Een verrassende uitkomst is dat binnen de *life sciences* ruimtelijke nabijheid voor homogene relaties een belangrijker rol lijkt te spelen dan voor heterogene relaties. Hoewel de verschillen niet heel groot zijn, zijn de reistijdcoëfficiënten voor de heterogene samenwerkingsrelaties binnen de *life sciences* hoger dan binnen de overige technologieën (met uitzondering van de informatietechnologie).

Binnen de *physical sciences* en binnen de analyse-, meet- en controletechnologie heeft reistijd in het algemeen een sterker effect op de intensiteit van de heterogene samenwerkingsrelaties dan op de homogene relaties. Opvallend is dat reistijd slechts weinig effect heeft op de homogene en heterogene samenwerkingsrelaties binnen de optische technologie en de halfgeleidertechnologie. Binnen de analyse-, meet- en controletechnologie, de

Figuur 38. Totaal aantal samenwerkingsrelaties



Figuur 39. Homogene en heterogene samenwerkingsrelaties



informatietechnologie en de telecommunicatietechnologie heeft reistijd een minder sterk effect op de intensiteit van homogene relaties dan op die van heterogene relaties. Binnen deze technologieën lijkt ruimtelijke nabijheid dus geen rol te spelen voor samenwerking tussen dezelfde soort organisaties.

Physical sciences

Een nadere analyse laat zien wat voor specifieke samenwerkingsvormen binnen de *physical sciences* het effect is van reistijd op de intensiteit van de samenwerking. Opvallend is dat dit effect voor verschillende vormen van samenwerking binnen de verschillende technologiegebieden niet significant is. Met andere woorden: ruimtelijke nabijheid lijkt hier geen rol te spelen voor samenwerking in onderzoek. In tabel 9 wordt met een x aangegeven voor welke technologie de invloed van de reistijd op de intensiteit van bepaalde vormen van samenwerking te verwaarlozen is.

Ruimtelijke nabijheid lijkt geen rol te spelen voor de samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen onderling in alle technologiegebieden, en voor de samenwerking tussen bedrijven onderling in het geval van de halfgeleidertechnologie en telecommunicatietechnologie. Bovendien lijkt ruimtelijke nabijheid ook geen invloed te hebben op de intensiteit van de samenwerkingsrelaties tussen overheidsinstellingen en bedrijven, met uitzondering van de optische technologie. Binnen deze technologie lijkt ruimtelijke nabijheid daarentegen geen rol te spelen bij de samenwerking tussen overheidsinstellingen onderling en opvallend genoeg ook niet bij de samenwerking tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen.

In figuur 40 zijn de coëfficiënten van massa's en reistijd weergegeven voor de verschillende vormen van samenwerking binnen de *physical sciences*, waarvoor de coëfficiënt van reistijd wel significant is. Het effect van de reistijd op de intensiteit van de onderzoekssamenwerking tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen blijkt relatief laag te zijn. Toch wordt vaak verondersteld dat ruimtelijke nabijheid juist bij deze relaties van belang is. Opvallend is verder dat het belang van ruimtelijke nabijheid sterk verschilt binnen de homogene samenwerkingsrelaties in de *physical sciences*. Het effect van reistijd op de intensiteit van verschillende vormen van heterogene samenwerkingsrelaties is constanter; daarbij zijn er tussen de varianten geen duidelijke verschillen te zien.

Het meest interessant is de constatering dat binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën reistijd geen effect heeft op de mate van samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen en (met uitzondering van de optische technologie) tussen bedrijven en overheidsinstellingen. Ruimtelijke nabijheid lijkt hiermee voor een deel van de samenwerkingsrelaties geen rol te spelen. Wel heeft reistijd een significant negatief effect op de intensiteit van andere vormen van samenwerking binnen de *physical sciences*, namelijk tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen en tussen wetenschappelijke en overheidsinstellingen.

Life sciences

Vervolgens hebben we gekeken naar de invloed van ruimtelijke nabijheid

Tabel 9. Niet-significante coëfficiënten voor reistijd per technologie en per samenwerkingsvorm

	Wetenschap	Bedrijven	Overheid, non-profit	Bedrijf/wetenschap	Overheid, non-profit /bedrijf
Analyse-, meet- en controletechnologie	x				x
Informatietechnologie	x				x
Optische technologie	x		x	x	
Halfgeleidertechnologie	x	x			x
Telecommunicatietechnologie	x	x			x

voor de verschillende vormen van samenwerking binnen de *life sciences*. In figuur 41 zijn per vorm van samenwerking de waarden van de coëfficiënten weergegeven. Binnen alle varianten heeft reistijd een significant negatief effect op de intensiteit van de samenwerking. Zoals eerder vermeld, lijkt reistijd voor de *life sciences* in het algemeen een sterker effect te hebben dan voor de *physical sciences*.

Opvallend is dat het negatieve effect van de reistijd op de intensiteit van samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen onderling, tussen bedrijven onderling (met uitzondering van de organische fijnchemie) en tussen wetenschappelijke instellingen en bedrijven relatief lager is dan voor andere vormen van samenwerking. Ruimtelijke nabijheid lijkt er met name toe te doen bij de samenwerking met en tussen overheidsinstellingen, en niet zozeer bij de samenwerking tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen. Dit wordt nog eens duidelijk uit figuur 42, waarin alle samenwerkingsrelaties met ten minste één overheidsinstelling en alle overige samenwerkingsrelaties zijn onderscheiden.

Ruimtelijke nabijheid speelt een belangrijker rol bij de samenwerkingsrelaties van overheids- en non-profitinstellingen binnen de *life sciences* dan bij andere vormen van samenwerking. Organisaties zoals niet-academische ziekenhuizen, TNO en instellingen als het Nederlands Kanker Instituut en Sanquin Bloedvoorziening lijken dus sterker regionaal georiënteerd als het gaat om onderzoekssamenwerking dan bedrijven en wetenschappelijke instellingen. Een reden hiervoor zou kunnen zijn dat deze instellingen binnen de *life sciences* vaak een belangrijke rol spelen voor het klinische onderzoek (Enzing e.a. 2002, 2003) en dat voor deze vorm van samenwerking ruimtelijke nabijheid mogelijk anderszins belangrijker is.

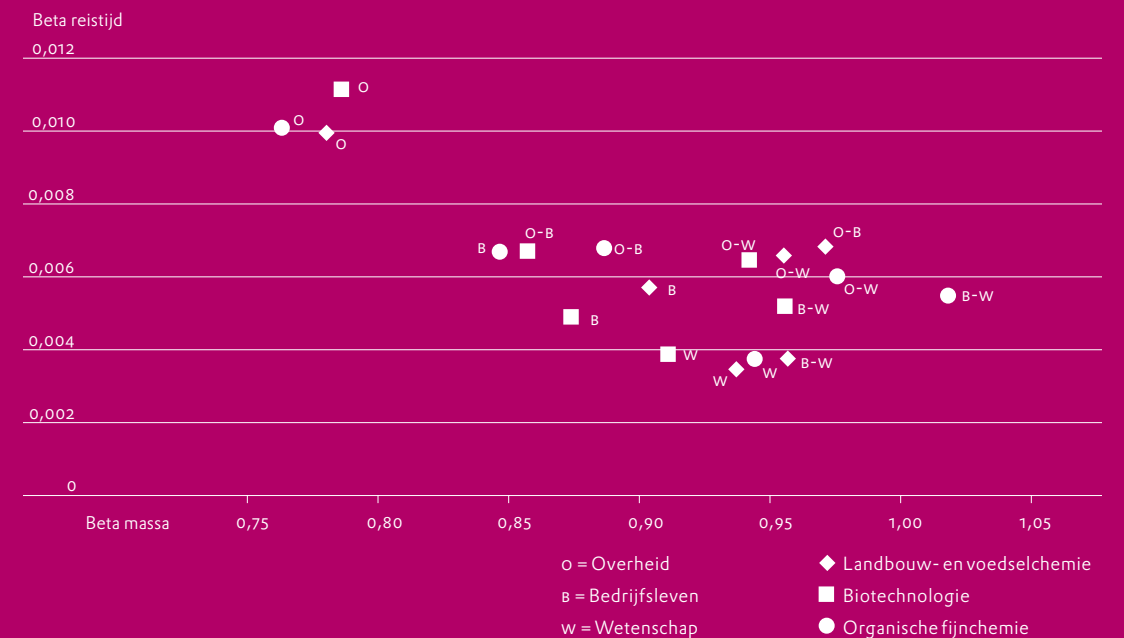
Synthese

In dit hoofdstuk zijn we nader ingegaan op de vraag in welke mate samenwerking tussen bepaalde organisaties is gebonden aan bepaalde ruimtelijke schaalniveaus. Hierbij is een onderscheid gemaakt naar wetenschappelijke organisaties, bedrijven en overheidsinstellingen. Samenwerking tussen organisaties met een verschillende achtergrond (heterogene samenwerking) blijkt vaker plaats te vinden op een lager (regionaal) ruimtelijk schaalniveau, terwijl homogene samenwerking (samenwerking tussen dezelfde soort organisaties) vaker internationaal plaatsvindt. Vanuit de literatuur zijn hiervoor verschillende redenen genoemd, bijvoorbeeld dat organisaties met verschillende achtergronden moeilijker met elkaar kunnen samenwerken. Verschillen in institutionele en cognitieve achtergrond kunnen leiden tot verschillen in denkkaders, waardoor het moeilijk is om samen te werken. Frequent interactie en *face-to-face* contacten zijn dan nodig om onderling vertrouwen en wederzijds begrip te creëren. Ruimtelijke nabijheid vergemakkelijkt deze onderlinge interactie en lijkt hiermee een belangrijke faciliterende rol spelen voor succesvolle samenwerking tussen organisaties met een verschillende institutionele achtergrond.

Figuur 40. *Physical sciences*: verschillende vormen van samenwerking



Figuur 41. *Life sciences*: verschillende vormen van samenwerking



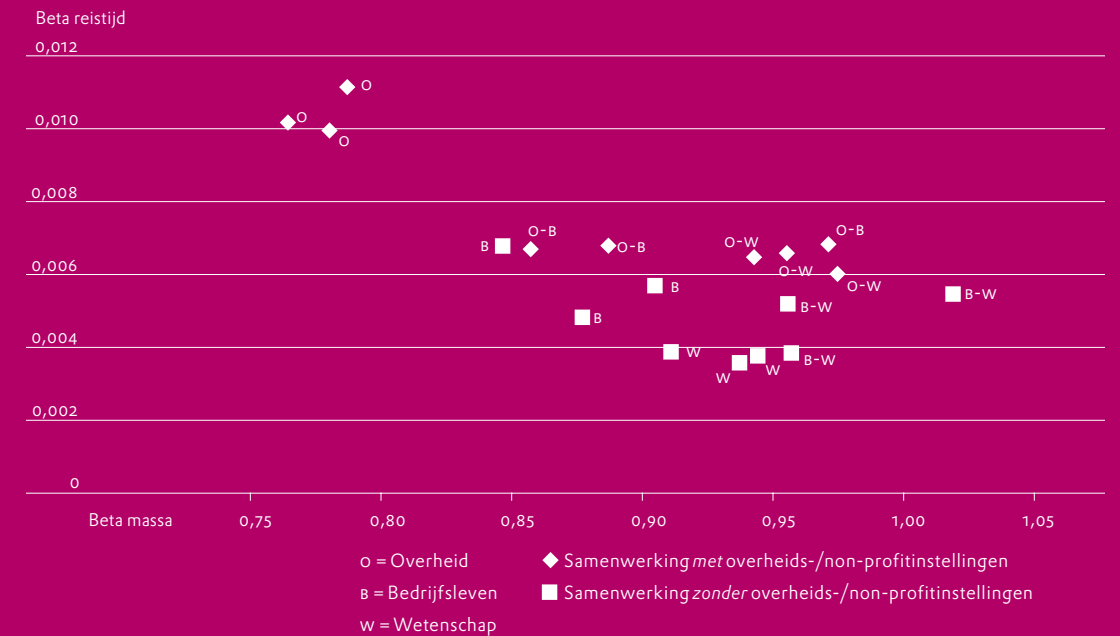
Wanneer we de verschillende vormen van samenwerking nader uitsplitsen, blijkt dat met name de samenwerking tussen overheidsinstellingen en wetenschappelijke instellingen een relatief sterk regionaal karakter heeft. Samenwerking in onderzoek tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen daarentegen lijkt geen uitgesproken regionaal karakter te hebben. Dit is enigszins verrassend, gezien de nadruk die hierop in de internationale literatuur wordt gelegd. Samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen tot slot kent een zeer sterk internationaal karakter. Dat de wetenschap een internationale gemeenschap zou zijn waarbij ruimtelijke nabijheid geen rol speelt, lijkt dus alleen van toepassing als het gaat om samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen.

De rol van ruimtelijke nabijheid binnen de verschillende vormen voor samenwerking is vervolgens getest met behulp van zwaartekrachtmodellen. Ruimtelijke nabijheid blijkt belangrijker voor de onderzoekssamenwerking binnen de op *life sciences* gebaseerde technologieën dan binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën en de snijvlaktechnologie analyse-, meet- en controletechnologie. Reistijd lijkt bij deze laatste categorie voor bepaalde vormen van samenwerking, zoals de samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen onderling en tussen bedrijven en overheidsinstellingen, zelfs geen enkel effect te hebben op de intensiteit van de samenwerking. Ruimtelijke nabijheid speelt wel een rol voor andere samenwerkingsvormen zoals die tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen. Dit effect is binnen de *physical sciences* echter niet zo sterk als binnen de *life sciences*. Binnen de *life sciences* heeft reistijd voor alle vormen van samenwerking een negatief effect op de intensiteit van de samenwerking. Opvallend is dat dit effect sterker lijkt voor homogene dan voor heterogene samenwerkingsrelaties. Beschouwen we dit nader, dan blijkt ruimtelijke nabijheid een belangrijker rol te spelen bij samenwerkingsrelaties waarbij overheidsinstellingen betrokken zijn dan bij andere samenwerkingsrelaties. Het effect van reistijd op de intensiteit van samenwerkingsrelaties tussen bedrijven en wetenschappelijke instellingen blijkt niet bijzonder groot te zijn in vergelijking met andere vormen van samenwerking. Ruimtelijke nabijheid lijkt voor deze onderzoekssamenwerking dus niet van bijzonder groot belang te zijn binnen Nederland.

De belangrijkste conclusie is tweeledig. Ten eerste blijkt samenwerking tussen verschillende organisaties sterker regionaal georiënteerd te zijn dan samenwerking tussen dezelfde soort organisaties. Ten tweede is fysieke afstand in sommige samenwerkingsrelaties minder relevant.

Deze tweeledigheid zou kunnen worden veroorzaakt doordat institutionele en cognitieve verschillen tussen verschillende soorten organisaties leiden tot een moeizame samenwerking waarbij ruimtelijke nabijheid een faciliterende rol kan spelen. De vraag is echter of dit de belangrijkste reden is waarom de in het hoofdstuk 'Trends in samenwerking' geconstateerde kennishubs zijn ontstaan. Op basis van de uitkomsten in dit hoofdstuk lijkt het erop dat andere mechanismen dan de voordelen die ruimtelijke nabijheid

Figuur 42. *Life sciences*: samenwerkingsrelaties met en zonder overheidsinstellingen



biedt voor onderzoekssamenwerking, bepalend zijn voor de ruimtelijke structuur van kennisnetwerken in Nederland.

Synthese en conclusies

SYNTHESE EN CONCLUSIES

De kennisgedreven (*science-based*) sectoren staan de laatste decennia sterk in de belangstelling van beleidsmakers. Het stimuleren van bedrijvigheid in sectoren als de informatie- en communicatietechnologie en de biotechnologie staat op de agenda van Europese, nationale en regionale beleidsmakers. De belangrijkste gedachte hierbij is dat ruimtelijke concentratie van deze sectoren de innovatie en de werkgelegenheids groei zullen bevorderen.

Met deze focus op de regionale schaal wordt veelal voorbij gegaan aan twee zaken: de internationale dimensie binnen deze sectoren en het feit dat er wereldwijd maar een beperkt aantal regio's is waar deze sectoren daadwerkelijk duurzaam clusteren. Hoewel deze gelijktijdige regionale en internationale oriëntatie van kennisgedreven sectoren algemeen door beleidsmakers wordt onderkend, zijn de feitelijke structuur en dynamiek van deze kennisnetwerken in Nederland onbekend. Kennis hierover is echter waardevol om tot een toegespitst nationaal en regionaal economisch beleid te kunnen komen ter stimulering van potentievolle sectoren en technologieën binnen de *life sciences*, de hightechmaterialen en ICT-sectoren; sectoren die het ministerie van Economische Zaken en het Innovatieplatform hebben aangewezen als zogenaamde sleuteltechnologieën die vooral in regionale context uitgebouwd dienen te worden tot 'economische pieken in de delta'.

Om enigszins in deze kennislacune te voorzien, staat in deze studie de vraag centraal naar de ruimtelijke structuur van kennisnetwerken, en hun dynamiek, binnen de kennisgedreven technologieën tussen Nederlandse regio's onderling en tussen Nederlandse regio's en het buitenland. Hieronder vatten we onze belangrijkste bevindingen samen, en komen we tot enkele aandachtspunten voor het beleid.

De regio en het internationale krachtenveld

In de acht onderzochte kennisgedreven technologieën laat de onderzoeks-samenwerking van Nederlandse organisaties een bijzonder sterke internationale oriëntatie zien: tussen de 67 (voor organische fijnchemie) en 81 procent (voor halfgeleidertechnologie) van alle samenwerkingsrelaties is internationaal. Hierbij vormen de EU-landen en de Verenigde Staten de belangrijkste internationale partners, terwijl ook Japan en de Zuidoost-Aziatische landen belangrijke partners vormen, met name op het gebied van de *physical sciences*. Door de tijd is het aandeel internationale samenwerkingsrelaties licht gestegen ten opzichte van het aantal samenwerkingsrelaties op het nationale en regionale niveau.

De 'global-local' balans in samenwerkingsrelaties slaat in de Nederlandse situatie dus door naar de internationale kant: minimaal twee van de drie en maximaal vier van de vijf kennisrelaties zijn met buitenlandse organisaties.

De Nederlandse kennishubs

Dit betekent echter niet dat het nationale en regionale schaalniveau geen relevante ruimtelijke schaalniveaus zijn. Een analyse van de kaartbeelden van de regionale samenwerking binnen Nederland laat echter een bijzonder onevenwichtig patroon zien. Samenwerking in de kennisgedreven technologieën concentreert zich in en tussen een beperkt aantal regio's in Nederland. Uit onze netwerkanalyse blijkt dat rond de vijftig procent van de samenwerkingsrelaties plaatsvindt tussen wetenschappelijke instellingen, waarvan universiteiten de belangrijkste vormen. De ruimtelijke structuur van kennisnetwerken wordt niet alleen bepaald door die wetenschappelijke instellingen, maar tevens door andere onderzoeksinstellingen en een concentratie van (grote) R&D-intensieve bedrijven.

Slechts een klein aantal regio's blijkt kennishub te zijn: met name de universiteitsregio's vormen de kennishubs van Nederland. De regio's Eindhoven en Delft vormen de as voor de *physical sciences*, met specialisaties in de elektronica en de informatie- en communicatietechnologie. Kennisnetwerken binnen de *life sciences* concentreren zich voornamelijk in de Randstad (Leiden, Utrecht, Amsterdam en in iets mindere mate Rijnmond); Wageningen, dat sterk is in de landbouw- en voedseltechnologie, vormt hierop de uitzondering.

Dynamiek in Nederlandse kennishubs

Wanneer een regio momenteel nog geen kennishub is, is de kans minimaal dat deze het in de toekomst kan worden. Die stelling wordt gerechtvaardigd door onze analyse.

Binnen de *life sciences* is de ruimtelijke structuur door de tijd behoorlijk stabiel. De samenwerkingsrelaties nemen vooral toe in en tussen die regio's die al een dominante positie in het netwerk hadden. Hoewel er ook samenwerkingsrelaties zijn met en tussen de initieel minder belangrijke regio's, heeft de toename hiervan de ruimtelijke structuur als geheel nauwelijks veranderd. De ruimtelijke structuur van de kennisnetwerken in de *physical sciences* kent een wat sterkere dynamiek. De regio's Eindhoven en Delft behoren in deze netwerken vanaf de beginfase, nog samen met enkele andere, tot de kernregio's maar evolueren uiteindelijk tot de twee kennishubs in de netwerken van *physical sciences*.

Zowel bij jonge als volwassen technologieën is het aantal kennishubs in Nederland dus relatief stabiel, hetgeen suggereert dat het ruimtelijke uitsortingsprocedure dus al vroeg in de technologielevenscyclus begint. Dat betekent dat participatie in de beginfase vereist is om een regionale positie te krijgen en te behouden. De aanwezigheid van grote onderzoeksinstellingen of kennisintensieve bedrijvigheid lijkt hierbij van cruciaal belang.

Verschillen in technologieën

Vergelijken we de ruimtelijke structuren van kennisnetwerken door de tijd met elkaar, dan blijkt er in de samenwerkingsrelaties tussen verwante technologiegebieden sprake te zijn van een toenemende convergentie: de ruim-

telijke structuur van kennisnetwerken vertoont een steeds sterkere onderlinge overeenkomst. Tegelijkertijd blijken de ruimtelijke patronen van verschillende, niet-verwante, technologieën steeds meer van elkaar te verschillen. Dit suggereert een ruimtelijke uitsortering: het zijn steeds dezelfde regio's (met hun structuur, bedrijven en context) die binnen de brede sectoren van de *life sciences* en de *physical sciences* in het netwerk van belang zijn. Een regio kan geen sterke positie innemen in beide netwerken.

De scharnierfunctie van universiteiten en andere wetenschappelijke instellingen

De gelijktijdige internationale en regionale dimensie van kennisnetwerken hangt samen met de soort samenwerking. Samenwerking tussen verschillende soorten organisaties komt bijvoorbeeld vaker vaak voor op een lager ruimtelijk schaalniveau. Opvallend is dat het hierbij in de Nederlandse situatie niet zozeer gaat om relaties tussen universiteiten en bedrijven, maar juist om die tussen universiteiten en overheidsinstellingen. Relaties tussen universiteiten en bedrijven vinden met name plaats op nationaal niveau. Hierin lijkt Nederland af te wijken van de buitenlandse situatie. Samenwerking tussen dezelfde soort organisaties (bijvoorbeeld tussen universiteiten onderling) kent een sterk internationaal karakter.

Deze patronen kunnen worden verklaard vanuit het feit dat samenwerking tussen verschillende soorten organisaties wordt bemoeilijkt door verschillen in de institutionele achtergrond. Ruimtelijke (regionale of nationale) nabijheid kan dan helpen om de cognitieve verschillen tussen organisaties te overbruggen.

Afstandsgevoeligheid van onderzoekssamenwerking

Ruimtelijke nabijheid heeft slechts een beperkt effect op het patroon van samenwerking tussen en binnen Nederlandse regio's; relaties met het buitenland zijn hierbij dus niet meegenomen. In een aantal gevallen blijkt ruimtelijke nabijheid zelfs geen significante relatie te hebben met de intensiteit van de samenwerking; dit geldt met name binnen de op *physical sciences* gebaseerde technologieën.

Dit suggereert dat de voordelen van ruimtelijke nabijheid voor onderzoekssamenwerking misschien niet de drijvende factor zijn achter het ontstaan van kennishubs. Kennishubs worden in het algemeen gekenmerkt door de aanwezigheid van relevante kennisinstellingen (zoals universiteiten en TNO) en kennisintensieve bedrijvigheid. Vanwege de hoge kosten en lange doorlooptijd van veel onderzoek is er sprake van een zeker institutionele padafhankelijkheid; organisaties die onderzoek doen in bepaalde technologiegebieden, blijven voor een lange periode in dit veld actief. Het feit dat vaak dezelfde regio's als kennishub kunnen worden getypeerd, kan dan ook worden gerelateerd aan deze institutionele padafhankelijkheid: door de tijd blijven dezelfde organisaties de belangrijkste actoren, en daarmee dezelfde regio's.

Beleidsconclusies

De ruimtelijke structuur van kennisnetwerken heeft een sterk internationaal karakter en wordt tegelijkertijd gekenmerkt door concentratie in een beperkt aantal regio's: de kennishubs van Nederland. Dat komt uit deze studie naar voren. Onderzoekssamenwerking vormt een cruciale factor voor innovatie in potentievolle sectoren als de biotechnologie en de informatie- en communicatietechnologie. Het stimuleren van onderzoekssamenwerking vormt dan ook een belangrijk onderdeel van het beleid dat de concurrentiekracht van regio's en van Nederland als geheel wil verbeteren, zoals onder andere beschreven in de nota *Pieken in de Delta*, de *Industriebriefen* en het *Actieplan Life Sciences*.

Onderzoekssamenwerking is evenwel sterker internationaal georiënteerd dan regionaal. Dit betekent niet dat kennis zal weglekken; in potentie profiteren Nederlandse organisaties immers eveneens van deze samenwerking met het buitenland. Het feit dat onderzoekssamenwerking zo sterk internationaal is gericht, betekent wél dat de kennisgedreven sectoren niet optimaal gebaat zijn bij beleid dat haar pijlen alleen richt op de regio. Voorbijgaan aan het belang van internationale kennisrelaties betekent voorbijgaan aan de ruimtelijkeconomische realiteit.

Samenwerking tussen het bedrijfsleven en wetenschappelijke instellingen blijkt geen specifiek regionaal karakter te hebben. Deze studie maakt duidelijk dat die met name plaatsvindt op het nationale schaalniveau. De regionale dimensie van innovatiesystemen moet in dit verband niet worden overschat. Regionaaleconomisch beleid dat zwaar inzet op netwerkvorming in onderzoek, geeft dan ook weinig garantie voor succes.

Slechts een beperkt aantal regio's vormt een kennishub: de belangrijkste knopen in de kennisnetwerken. De structuur van deze netwerken is stabiel, zeker vanaf het midden van de jaren negentig. De regio's die eenmaal een hub zijn, blijven dat. Bovendien komen er geen nieuwe hubs bij. Het heeft voor een regio dan ook weinig zin om in te zetten op een functie als kennishub als hij dat nog niet is.

Er kunnen dus duidelijk vraagtekens worden gezet bij het streven van kennisextensieve regio's om kennisgedreven sectoren als de biotechnologie tot speerpunt van hun beleid te maken. Aansluiting zoeken bij reeds bestaande netwerken en kennishubs ligt hier eerder voor de hand. Een uitdaging voor beleidsmakers kan dan liggen in het stimuleren van samenwerking tussen regio's, opdat verschillende regionale initiatieven elkaar kunnen versterken.

De neerslag van kennis in innovatie en nieuwe producten (ofwel: de valorisatie van kennis) is een cruciale factor voor de groei van de onderzochte kennisgedreven sectoren. De literatuur suggereert dat kennisvalorisatie een veel sterker regionaal karakter heeft dan kennisproductie en in de nota *Pieken in de Delta* wordt dit eveneens aangenomen. Op basis van deze studie kunnen

we constateren dat een focus op regionalisering in beleid gericht op onderzoekssamenwerking binnen de kennisgedreven sectoren, weinig garantie biedt voor succes. Indien kennisvalorisatie inderdaad plaatsvindt op een lager ruimtelijke schaalniveau, dan zou dit een focus van het ruimtelijkeconomisch beleid op de regio's die als kennishub zijn getypeerd, kunnen rechtvaardigen. Om uitspraken te kunnen doen over het schaalniveau waarop kennisvalorisatie zich voordoet, is echter eerst inzicht vereist in de relatie tussen kennisnetwerken en de ruimtelijke verschillen in innovatie.

Bijlagen

BIJLAGE 1. De coropindeling van Nederland



- | | | | |
|-------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|
| 1. Oost-Groningen | 12. Twente | 23. Groot Amsterdam | 32. Overig Zeeland |
| 2. Delfzijl en omgeving | 13. Veluwe | 24. Het Gooi en Vechtstreek | 33. West-Noord-Brabant |
| 3. Overig Groningen | 14. Achterhoek | 25. Agglomeratie Leiden en Bollenstreek | 34. Midden-Noord-Brabant |
| 4. Noord-Friesland | 15. Arnhem-Nijmegen | 26. Agglomeratie 's-Gravenhage | 35. Noordoost-Noord-Brabant |
| 5. Zuidwest-Friesland | 16. Zuidwest-Gelderland | 27. Delft en Westland | 36. Zuidoost-Noord-Brabant |
| 6. Zuidoost-Friesland | 17. Utrecht | 28. Oost-Zuid-Holland | 37. Noord-Limburg |
| 7. Noord-Drenthe | 18. Kop van Noord-Holland | 29. Groot Rijnmond | 38. Midden-Limburg |
| 8. Zuidoost-Drenthe | 19. Alkmaar en omgeving | 30. Zuidoost-Zuid-Holland | 39. Zuid-Limburg |
| 9. Zuidwest-Drenthe | 20. IJmond | | 40. Flevoland |
| 10. Noord-Overijssel | 21. Agglomeratie Haarlem | | |
| 11. Zuidwest-Overijssel | 22. Zaanstreek | | |

BIJLAGE 2. Quadratic Assignment Procedure

Standaard statistische methoden zijn vaak niet goed bruikbaar voor de analyse van netwerken. Dit komt doordat veel statistische methoden uitgaan van de onafhankelijkheid van de observaties. Netwerkdataben hebben als eigenschap dat ze betrekking hebben op relaties tussen knooppunten. Deze knooppunten kunnen in principe van alles zijn: variërend van personen en bedrijven tot steden of landen. In veel gevallen zijn deze netwerkrelaties tussen knooppunten niet als onafhankelijk van elkaar te beschouwen, omdat de relaties van één bepaald knooppunt sterker met elkaar samenhangen dan de relaties van verschillende knooppunten. Bijvoorbeeld: persoon a is bevriend met persoon c en persoon b is eveneens bevriend met persoon c. De kans dat a en b eveneens met elkaar bevriend zijn, is hierdoor toegenomen, met als gevolg dat deze observatie dus niet meer onafhankelijk is van de eerdere observaties. Hierdoor kan de significantie van relaties te optimistisch worden ingeschat, en daarmee de correlatie. Dit is met name een probleem als er sprake is van netwerkdataben op persoons- of organisatieniveau; in het geval van geaggregeerde databen op regionaal niveau is het minder problematisch. Omdat het in dit onderzoek essentie echter gaat om netwerkdataben, hebben we besloten om de literatuur op dit gebied te volgen en de QAP-correlatie toe te passen. Deze quadratic assignment procedure (QAP) gaat als volgt: allereerst wordt de 'standaard' Pearsoncorrelatie berekend tussen twee netwerken, op basis van de gepaarde relaties afkomstig uit beide netwerken. Vervolgens wordt een groot aantal permutaties van de rijen en kolommen van beide matrices uitgevoerd. Door vervolgens de correlatie van al deze permutaties te berekenen en deze te vergelijken met de 'originele' correlatie op basis van de empirisch gevonden waarden kan worden bepaald of de empirisch gevonden netwerken significant correleren.

LITERATUUR

- Acs, Z.J. (2002), *Innovation and the Growth of Cities*, Cheltenham: Edgar Elgar.
- Anselin, L., Varga, A. & Z. Acs (2000), 'Geographic and sectoral characteristics of academic knowledge externalities', *Papers in Regional Science* 79: 435-445
- Asheim, B. & M.S. Gertler (2004), 'The geography of innovation: regional innovation systems', in J. Fagerberg et al. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- Audretsch, D.B., & M.P. Feldman (1996), 'R&D spillovers and the geography of innovation and production', *American Economic Review* 86 (3): 630-640
- Bentley, G., A. Burfitt, C. Collinge, J. Gibney & S. MacNeill (2002), *High-tech manufacturing in Leicestershire*, CURS, University of Birmingham.
- Borgatti, S. & Everett, M. (1999), 'Models of core/periphery structures', *Social Networks* 21: 375-395.
- Boschma, R. (2005), 'Proximity and Innovation: A Critical Assessment', *Regional Studies* 39 (1): 61-74.
- Breschi, S., & F. Lissoni (2001), 'Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey', *Industrial and Corporate Change* 10: 975-1005
- Breschi, S. & F. Lissoni, (2003) *Mobility and Social Networks: Localised Knowledge Spillovers Revisited*. CESPRI Working Paper 142.
- Castells, M. (1996), *The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture*, Vol. 1, Cambridge, MA; Oxford, UK: Blackwell.
- Canton, E., D. Lanser, J. Noailly, M. Rensman & J. van de Ven (2005), *Crossing borders; when science meets industry*. Den Haag: Centraal Planbureau
- Cockburn, I. & R. Henderson (1998), 'Absorptive capacity, coauthoring behavior and the organization of research in drug discovery', *The Journal of Industrial Economics*, 46 (2) 157-182.
- Cohen, W.M., R.R. Nelson & J. Walsh (2004), 'Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D', in: Geuna, A., A. Salter & E. Steinmueller (eds), *Science and Innovation, rethinking the rationales for funding and governance*, Northampton: Edward Elgar.
- Cohen, W.M. & D.A. Levinthal (1989), 'Innovation and Learning: The Two Faces of R&D', *Economic Journal* 99: 569-596
- Cohen, W.M. & D.A. Levinthal (1990), 'Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation', *Administrative Science Quarterly* 35 (1): 128-152
- Cohendet, P. & F. Meyer-Krahmer (2001), 'The theoretical and policy implications of knowledge codification', *Research Policy* 30 (9): 1563-1591.
- Cooke, P. (2001), 'New economy innovation systems: biotechnology in Europe and the USA', *Industry and Innovation* 8 (3): 365-382.
- Cooke, P. (2004), 'Editorial; the accelerating evolution of biotechnology clusters', *Special Issue: globalization of biotechnology. European Planning Studies* 12 (7): 915-920
- Cooke, P. & K. Morgan (1998), *The associational economy. Firms, regions and innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- Cooke, P., M.G. Uranga & G. Etxebarria (1997), 'Regional innovation systems: institutional and organisational dimensions', *Research Policy* 26 (4-5): 475-491
- Cowan, R., Foray D. & P. A., David (2000), 'The Explicit Economics of Codification and the Diffusion of Knowledge', *Industrial and Corporate Change*, 6: 595-622.
- CWTS; Center for Science and Technology Studies (2004), *Lectures at the Graduate course on science and technology studies*, October 25-28, Leiden University.
- Dasgupta, P. & P.A. David (1994), 'Toward a new economics of science', *Research Policy* 23: 487-521
- DeSolla Price, D. (1984), 'The science/technology relationship, the craft of experimental science, and policy for the improvement of high technology innovation', *Research Policy* 13 (1): 3-20.
- Dosi, G. (1988), 'Sources, procedures and micro-economics effects of innovation', *Journal of Economic Literature* 26: 1120-1171.
- Etzkowitz, H. & L. Leydesdorff (2000), 'The dynamics of innovation: from National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of university-industry-government relations', *Research Policy* 29: 109-123

- Enzing, C.M., S. Kern & A. van de Giessen (2002), *De toekomst van de Nederlandse life sciences sector: trends en knelpunten*, TNO-STB rapport 02-08, TNO-STB, Delft.
- Enzing, C.M., S. Kern & A. v.d. Giessen (2003), *R&D samenwerking door de Nederlanse biotechnologie industrie: uitkomsten van een survey*, TNO-STB rapport 03-22, TNO-STB, Delft.
- Feldman M.P. (2001), 'Where science comes to life: university bioscience, commercial spin-offs and regional economic development', *Journal of Comparative Policy Analysis: research and practice* 2: 345-394
- Feldman, M.P. (1999), 'The new economics of innovation, spillovers and agglomeration: a review of empirical studies', *Economics of Innovation and New Technology* 8: 5-25.
- Feser, E.J. (2002), 'Tracing the sources of local external economies', *Urban Studies* 39 (13): 2485-2506.
- Frenken, K. (2002), 'A new indicator of European integration and an application to collaboration in scientific research', *Economic Systems Research* 14(4): 345-361.
- Frenken, K. & F.G. van Oort (2004), 'The geography of research collaboration: theoretical considerations and stylised facts in biotechnology in Europe and the United States', pp. 38-57 in: P. Cooke & A. Piccaluga (eds.), *Regional Economies as Knowledge Laboratories*, Cheltenham UK and Northampton MA: Edward Elgar.
- Frenken, K., F.G. van Oort, T. Verburg & R.A. Boschma (2004), *Variety and Regional Economic Growth in the Netherlands - Final Report*, The Hague: Ministry of Economic Affairs.
- Garvey, W.D. & B.C. Griffith (1972) 'Communication and information processing within scientific disciplines: Empirical findings for psychology', *Information Storage and Retrieval* 8: 123-126.
- Gertler, M.S. (2003), 'Tacit knowledge and the economic geography of context, or the indefinable tacitness of being (there)', *Journal of Economic Geography* 3: 75-99.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H. Schwartzman, S. Scott & P. Trow (1994), *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*, London: Sage.
- Gittelman, M & B. Kogut (2003), 'Does Good Science Lead to Valuable Knowledge? Biotechnology Firms and the Evolutionary Logic of Citation Patterns', *Management Science* 49 (4): 366-382.
- Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham & W.C. Black (1998), *Multivariate data analysis*, Fifth edition, London: Prentice Hall.
- Hubert, L & J. Schultz (1976), 'Quadratic Assignment as a general data analysis strategy', *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 29: 190-241.
- Jaffe, A.B. (1989). Real effects of academic research. *American Economic Review* 79 (5): 957-970.
- Jaffe, A.B., M. Trajtenberg & R. Henderson (1993), 'Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations', *Quarterly Journal of Economics* 108 (3): 577-598
- Katz, J.S. & B.R. Martin (1997), 'What is research collaboration?', *Research Policy* 26 (1): 1-18
- Kaufmann, A. & F. Todtling (2001), 'Science-industry interaction in the process of innovation: the importance of boundary-crossing between systems', *Research Policy* 30: 791-801.
- Klevorick, A.K., R.C. Levin, R.R. Nelson & S.G. Winter (1995), 'On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities', *Research Policy* 24(2):185-205
- Kline, S.J. & N. Rosenberg (1986), 'An overview of innovation', pp 275-306 in: R. Landau and N. Rosenberg (eds) *The positive sum strategy. Harnessing technology for economic growth*, Washington DC: National Academy Press.
- Laestadius, S. (1998), 'Technology level, knowledge formation and industrial competence in paper manufacturing', in: G. Eliasson & C. Green (eds.), *The micro foundations of economic growth*, Ann Harbour: the University of Michigan press.
- Lucas, R.E. (1988), 'On the mechanics of economic development', *Journal of Monetary Economics* 22: 3-42.
- Lundvall, B.A. (1990), 'Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation', pp. 349-369 in: G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg & L. Soete (eds.), *Technical change and Economic Theory*, London: Pinter.
- Lundvall, B.A. (1992), *National systems of innovations. Towards a theory of innovation and interactive learning*, London: Pinter.
- Maggioni, M.A. & T.E. Uberti (2005), *International networks of knowledge flows: an econometric analysis*, Max-Planck-Institut für Ökonomik Jena Working Paper 0519.
- Mairesse, J. & L. Turner (2005), *Measurement and Explanation of the Intensity of Co-publication in Scientific Research: An Analysis at the Laboratory Level*, National Bureau of Economic Research (NBER), Working Paper 11172.
- Marsili, O. (2001), *The anatomy and evolution of industries: technological change and industrial dynamics*, Cheltenham and Northampton: Edward Elgar.
- Meyer-Krahmer, F. & U. Schmoch (1998), 'Science-based technologies: university-industry interactions in four fields', *Research Policy* 27: 835-851.
- Ministerie van Economische Zaken (2003), *Life Sciences - Een pijler van de Nederlandse kenniseconomie*, Den Haag: Ministerie van EZ.
- Ministerie van Economische Zaken (2004), *Actieplan Life Sciences. Kansen grijpen, knelpunten aanpakken*, Den Haag: Ministerie van EZ.
- Ministerie van Economische Zaken (2004), *Nota Pieken in de Delta*, Den Haag: Ministerie van EZ.
- Ministerie van Economische Zaken (2004), *Industriebrief - Hart voor de industrie*, Den Haag: Ministerie van EZ.
- Narin, F. & E. Noma (1985), 'Is technology becoming science?', *Scientometrics* 7: 369-381.
- Nelson, R. (1993), *National innovation systems. A comparative analysis*, Oxford and New York: Oxford University Press.
- Nelson, R.R. & S.G. Winter (1982), *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge, Massachussets: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Niosi, J. (2000), 'Science-based industries: a new Schumpeterian taxonomy', *Technology in Society* 22: 429-444.
- Noyons, E.C.M., A.F.J. van Raan, H. Grupp & U. Schmoch (1994), 'Exploring the science and technology interface: inventor-author relations in laser medicine research', *Research Policy* 23: 171-184.
- OECD (1996), *The knowledge-based economy*, Paris: OECD.
- OECD (2000), *Science Technology and Industry Outlook*, Paris: OECD.
- Paci, R. & E. Batteta (2003), *Innovation networks and knowledge flows across European regions*, CREOS Working Paper No. 13/03.
- Pavitt, K. (1984), 'Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory', *Research Policy* 13: 343-373.
- Powell, W.W. & K.W. Koput & L. Smith-Doerr (1996), 'Interorganizational learning and the locus of innovation: learning in biotechnology', *Administrative Science Quarterly* 41(1): 116-145.
- Raspe, O., F. van Oort & P. de Bruijn (2004), *Kennis op de Kaart. Ruimtelijke patronen van de kenniseconomie*, Rotterdam/Den Haag: NAI Uitgevers/RPB.
- Romer, P. (1986), 'Increasing returns and long-run growth', *Journal of Political Economy* 94: 1002-1037
- Rosenberg, N. (1990), 'Why do firms do basic research (with their own money)?', *Research Policy* 19: 165-174.
- Schmoch, U. (2004), 'The technological output of scientific institutions', Chapter 32 in: H.F. Moed, W. Glänzel & U. Schmoch, *Handbook of quantitative science and technology research*, Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Schmoch, U., E. Strauss, H. Grupp & T. Reiss (1993), *Indicators of the scientific base of European patents*, Report to the European commission, EUR 15 330 EN, Brussels/Luxemburg.
- Singh, J. (2005), 'Collaborative Networks as Determinants of Knowledge Diffusion Patterns', *Management Science* 51 (5): 756-770.
- Solow, R.M. (1957), 'Technical change and the aggregate production function', *Review of Economics and Statistics* 39: 312-320.
- Theil, H. (1967), *Economics and Information Theory*, Amsterdam: North-Holland publishing company.
- Theil, H. (1972), *Statistical decomposition analysis*, Amsterdam/Londen: North-Holland publishing company.
- Tinbergen, J. (1962), *Shaping the World Economy - Suggestions for an International Economic Policy*, The Twentieth Century Fund.
- Tijssen, R.J.W. (2004), 'Science-technology connections and interactions', Chapter 31 in: H.F. Moed, W. Glänzel & U. Schmoch, *Handbook of quantitative science and technology research*, Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Van Looy, B., E. Zimmerman, E. Veugelers, R. Verbeek, E. Mello & K. Debackere (2003), 'Do science-technology interactions pay off when developing technology?', *Scientometrics* 57(3): 355-367.
- Van Oort, F., J. van Brussel, O. Raspe, M. Burger, B. van der Knaap & J. van Dinteren (2006), *Economische netwerken in de regio*, Rotterdam/Den Haag: NAI uitgevers/RPB.
- Varga, A. (1998), *University research and regional innovation: a spatial econometric analysis*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Verbeek, A., J. Callaert, P. Andries, K. Debackere, M. Luwel & R. Veughelers (2002), *Linking Science to Technology- Bibliographic References in Patents: Volume 1, Science and Technology Interplay - Policy Relevant Findings and Interpretations*, Report to the EC DG Research, project ERBHPV2-CT-1993-03, CBSTII action, Brussels (EUR 20492/1)

- Verbeek, A., K. Debackere, M. Luwel, P. Andries, E. Zimmerman & F. Deleus (2002), 'Linking science to technology: Using bibliographic references in patents to build linkage schemes', *Scientometrics* 53(3): 399-420.
- Wagner, C.S. (2005), 'Six case studies of international collaboration in science', *Scientometrics* 62(1): 3-26
- Waltz, V. (1984), 'Invention and innovation in the chemical industry: demand-push or discovery-push?', *Research policy* 13: 214-234.
- Wasserman, S. & K. Faust (1994), *Social network analysis: Methods and applications*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Weterings, A. (2006), *Do firms benefit from spatial proximity? Testing the relation between spatial proximity and the performance of small software firms in the Netherlands*, Proefschrift Universiteit Utrecht.

OVER DE AUTEURS

Roderik Ponds studeerde Internationale Economie en Economische Geografie aan de Universiteit Utrecht. Sinds augustus 2004 werkt hij als assistent-in-opleiding bij het RPB. Hij schrijft een proefschrift over regionalisering en mondialisering van kennisnetwerken. Dit promotietraject vindt plaats in samenwerking met de Universiteit Utrecht.

Frank van Oort studeerde Ruimtelijke Economie en Bedrijfseconomie aan de Erasmus Universiteit Rotterdam, waar hij vervolgens in 2002 promoveerde op een proefschrift over ruimtelijkeconomische groei en regionale innovatie in Nederland. Sinds 2002 werkt hij bij het Ruimtelijk Planbureau. Daarnaast is hij hoogleraar Stedelijke Economie en Ruimtelijke Planning aan de Universiteit Utrecht. Bij het RPB doet hij onderzoek naar de vestigingsdynamiek van bedrijvigheid in relatie tot regionaleconomische groei.

COLOFON

Onderzoek

Roderik Ponds
Frank van Oort

Ondersteuning

Stephaan Declerck
Hans van Amsterdam

Met dank aan

Dr. Koen Frenken en prof. dr. Ron Boschma (beiden Universiteit Utrecht) voor het mee-lezen en het opbouwende commentaar tijdens het schrijven van dit boek.

Verder danken we de deelnemers die waardevol commentaar hebben gegeven tijdens de presentatie van dit onderzoek op de workshop 'Universities and regional development: Success factors and potential dangers of failure' in Pecs (Hongarije), in het bijzonder prof. dr. Atilla Varga (Universiteit Pecs) en dr. Edward Feser (University of North Carolina at Chapel Hill). Ten slotte willen we drs. Jacco Hakfoort, ir. Marlouke Durville en ir. Menno Horning (allen Ministerie van Economische Zaken) voor het commentaar op onze bevindingen.

Eindredactie

Simone Langeweg

Ontwerpen productie

Typography Interiority & Other Serious Matters, Den Haag

Druk

Veenman drukkers, Rotterdam

© NAI Uitgevers, Rotterdam/Ruimtelijk Planbureau, Den Haag/2006. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912jo het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoeding te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

NAI Uitgevers is een internationaal georiënteerde uitgever, gespecialiseerd in het ontwikkelen, produceren en distribueren van boeken over architectuur, beeldende kunst en verwante disciplines.

www.naipublishers.nl

ISBN 90 5662 508 x

ISBN 978 90 5662 508 5