

CPB Document

No 74

December 2004

Eenheid of verscheidenheid in onderzoeksagenda's?

Over de bèta-gerichte R&D-specialisatiepatronen van
wetenschap en bedrijven in Nederland

Marieke Rensman

Centraal Planbureau
Van Stolkweg 14
Postbus 80510
2508 GM Den Haag

Telefoon (070) 338 33 80
Telefax (070) 338 33 50
Internet www.cpb.nl

ISBN 90-5833-203-9

Korte samenvatting

De zogenaamde kennisparadox (goed wetenschappelijk onderzoek maar weinig benutting door bedrijfsleven) is een van de belangrijkste onderwerpen van debat in innovatie- en wetenschapsbeleid. Een goede wisselwerking tussen wetenschap en bedrijfsleven kan de innovatiecapaciteit van de economie vergroten. Als de wetenschap echter op heel andere gebieden actief is dan het bedrijfsleven, zijn de mogelijkheden tot wisselwerking hoe dan ook beperkt. Dit rapport beschrijft in welke bètagerichte technologiegebieden bedrijven, universiteiten en researchinstellingen in Nederland R&D uitvoeren. Het empirische onderzoek toont aan dat de R&D-specialisatiepatronen van de bedrijven en de (semi-)publieke kennisinstellingen sterk verschillen. Soortgelijke verschillen zijn ook in het buitenland te constateren. Tenminste drie overwegingen kunnen bij de beoordeling van deze bevindingen betrokken worden: potenties voor publiek-private wisselwerking in R&D, kennisontwikkeling ten bate van publieke taken, en verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis. Of de huidige wetenschappelijke onderzoeksagenda vanuit maatschappelijk perspectief juist is of aanpassing behoeft, kan met deze overwegingen niet zonder meer worden vastgesteld.

Steekwoorden: technologiegebieden, R&D-specialisatie, private en (semi-)publieke R&D

Abstract

The so-called knowledge paradox (excellent scientific research but a low degree of utilisation by business firms) is one of the most important issues of debate in Dutch science and innovation policy. A good interaction between science and business may increase the innovation capacity of the economy. However, if science and business are active in quite different research areas, then the opportunity for science-industry interaction is limited in any case. The current report describes R&D activity in bèta-oriented technology areas by business firms, universities and research institutions in the Netherlands. The empirical study shows that R&D-specialisation patterns of the business sector and the (semi-)public knowledge institutions do differ substantially. Similar differences have been found in other countries. At least three considerations are involved in the assessment of these empirical findings: opportunity for public-private interaction in R&D, knowledge development to the benefit of public tasks, and differences between technology areas in the size of external effects of knowledge. Whether the current scientific research agenda is justified from a social point of view or needs adjustment, cannot be assessed right away with these considerations.

Key words: technology areas, R&D-specialisation, private and (semi-)public R&D

A comprehensive summary is available from www.cpb.nl.

Inhoudsopgave

Korte samenvatting en abstract	3
Ten geleide	7
Samenvatting	9
1 Introductie	13
2 Bèta-gerichte R&D-specialisatiepatronen in Nederland	17
2.1 Een gemeenschappelijk kader voor meting van R&D-specialisatie	17
2.2 Specialisatieverschillen tussen private en (semi-)publieke R&D	19
2.3 Relatieve specialisatie van universiteiten	28
2.4 Relatieve specialisatie van researchinstellingen	34
2.5 Conclusies	37
3 Internationale verschillen in R&D-specialisatie	39
3.1 Specialisatieverschillen op vijf technologiegebieden	39
3.2 Conclusies	41
4 Een denkkader voor publieke R&D-specialisatie	45
4.1 Marktfalen als basis voor publieke R&D-specialisatie	45
4.2 Een analyse van kenmerken van technologiegebieden	52
4.3 Beleidsopties	57
5 Conclusies	61
Referenties	65
Appendix A: Tabellen	69
Appendix B: Bronnen en methoden	79
Appendix C: Definitie technologiegebieden	87

Ten geleide

In Nederland wordt veel kwalitatief hoogstaand wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd, waarvan het bedrijfsleven weinig gebruik lijkt te maken. Deze zogenaamde kennisparadox staat centraal in veel discussies over innovatie- en wetenschapsbeleid. Een goede wisselwerking tussen wetenschap en bedrijfsleven kan het innovatievermogen van de economie vergroten. Als de wetenschap echter op heel andere gebieden actief is dan het bedrijfsleven, zijn de mogelijkheden tot wisselwerking hoe dan ook beperkt.

Anders gezegd, een groot verschil in de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven kan een oorzaak zijn van de kennisparadox. Dit rapport onderzoekt hoe de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven in Nederland er uit zien en welke overeenkomsten en verschillen er zijn tussen deze onderzoeksagenda's. Vervolgens wordt een denkkader ontwikkeld voor overwegingen die een rol kunnen spelen bij de beoordeling van overeenkomsten en verschillen in de publieke en private onderzoeksagenda's.

Dit onderzoek is uitgevoerd door Marieke Rensman. Het CPB is zeer erkentelijk voor de op- en aanmerkingen van een aantal experts en contactpersonen van het CPB-Kennisonderzoek: Jaap Broersen (Ministerie van Economische Zaken), Jan van Dam (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen), Jan van Miltenburg (AWT), Niek Nahuis en Richard Venniker (Ministerie van Financiën). De financiële bijdrage van de Ministeries van Economische Zaken, Financiën, Landbouw, Natuur en Visserij, en Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen wordt zeer op prijs gesteld. Dank gaat ook uit naar Maarten Cornet, Bert Minne, Free Huizinga, Jeroen van de Ven, Dinand Webbink en Henry van der Wiel voor hun commentaar en suggesties.

F.J.H. Don, directeur

Samenvatting

In Nederland wordt veel kwalitatief hoogstaand wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd, waarvan het bedrijfsleven weinig gebruik lijkt te maken. Deze zogenaamde kennisparadox staat centraal in veel discussies over innovatie- en wetenschapsbeleid. Een goede wisselwerking tussen wetenschap en bedrijfsleven kan het innovatievermogen van de economie vergroten. Als de wetenschap echter op heel andere gebieden actief is dan het bedrijfsleven, zijn de mogelijkheden tot wisselwerking hoe dan ook beperkt.

Anders gezegd, een groot verschil in de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven kan een oorzaak zijn van de kennisparadox. Om te onderzoeken in hoeverre dit het geval kan zijn, staan in dit rapport de volgende twee vragen centraal:

1. Hoe zien de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven in Nederland er uit, en welke overeenkomsten en verschillen zijn er tussen deze onderzoeksagenda's?
2. Op basis van welke overwegingen kunnen de gevonden overeenkomsten en verschillen beoordeeld worden?

De empirische studie toont allereerst aan dat de bètagericte onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven sterk verschillen. In vergelijking met het bedrijfsleven zijn universiteiten en researchinstellingen vooral actief in medische technologie en bouw- en civieltechnologisch onderzoek. De wetenschap is ook relatief sterk gespecialiseerd in biotechnologie, levensmiddelentechnologie, milieu- en veiligheidsonderzoek, en energietechnologie. Het bedrijfsleven focust in vergelijking met de wetenschap vooral op technologieën die het bedrijfsproces verbeteren, met name ICT en proces- en fabricagetechnologie.

Om tot deze conclusie te komen was het nodig om de R&D-inspanningen van wetenschap en bedrijfsleven in een gemeenschappelijke indeling naar technologiegebied te plaatsen. Zo'n gemeenschappelijke indeling ontbrak tot nu toe en dit rapport voorziet in deze leemte. Het rapport onderscheidt twintig bèta-gerichte technologiegebieden waarvoor R&D wordt verricht door bedrijven, universiteiten en researchinstellingen in Nederland in 1999. De analyse is beperkt tot de bèta-gerichte gebieden, omdat het bedrijfsleven vrijwel geen alfa- en gamma-onderzoek uitvoert.

Een tweede empirische bevinding is dat ook in het buitenland de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven sterk verschillen. Vijf technologiegebieden waar de buitenlandse wetenschap relatief zwaar op inzet in vergelijking met het bedrijfsleven, kennen in Nederland ook relatief veel publieke R&D-activiteit. Deze conclusie is gebaseerd op geaggregeerde

gegevens over onderzoeksactiviteit in wetenschapsdisciplines (gemeten met aantallen publicaties) en bedrijfstakken (gemeten met R&D-uitgaven).

Zou de onderzoeksagenda van de wetenschap moeten afwijken van die van het bedrijfsleven of juist niet? Bij de beoordeling van de specialisatieverschillen hanteren we marktfalen als criterium. Economen zeggen dat de markt faalt als bedrijven niet of niet voldoende geprikkeld worden tot acties die leiden tot een maatschappelijk gewenste uitkomst. Falen van de markt voor onderzoek legitimeert de publieke financiering en aansturing van de onderzoeksagenda van de (semi-)publieke kennisinstellingen door de overheid.

Uit marktfalen als beoordelingscriterium volgen tenminste drie overwegingen die een rol spelen bij de beoordeling van de overeenkomsten en verschillen in R&D-specialisatiepatronen tussen wetenschap en bedrijfsleven:

1. De potenties voor publiek-private wisselwerking in R&D

Voor zover wetenschappelijk onderzoek en bedrijfsonderzoek elkaar versterken, bevordert aansluiting van de wetenschappelijke onderzoeksagenda op die van het bedrijfsleven de potentiële kennisuitwisseling en daarmee het innovatievermogen van de economie. Verkleining van de verschillen in onderzoeksagenda kan dan positief werken.

2. Kennisontwikkeling ten bate van publieke taken

Bedrijven produceren relatief weinig op het terrein van publieke taken, zoals gezondheidszorg, veiligheid en fysieke infrastructuur. Het is denkbaar dat zij daarom ook relatief minder actief zijn in de kennisontwikkeling die hiervoor nodig is. Nieuwe technologie kan de uitvoering van productie van goederen ten behoeve van publieke taken echter verbeteren. Dat kan verklaren waarom de wetenschap relatief actief is op deze terreinen. Maar hoewel deze taakverdeling in de praktijk blijkt te bestaan, impliceert een publieke taak niet noodzakelijkerwijs dat de benodigde technologie ook binnen de publieke kennisinfrastructuur moet worden ontwikkeld. Uitbesteding van kennisontwikkeling aan bedrijven is mogelijk. Dat de wetenschap in vergelijking met het bedrijfsleven ook internationaal relatief actief is op deze terreinen, laat zich overigens eveneens met deze overweging verklaren.

3. Verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis

Als bedrijven op sommige technologiegebieden relatief zwakke prikkels tot R&D ervaren en daardoor relatief weinig investeren vanuit maatschappelijk oogpunt, dan is een relatief grote publieke R&D-inzet op deze gebieden legitiem. Bedrijven kunnen zich in die gebieden bijvoorbeeld de opbrengsten uit R&D moeilijker toe-eigenen dan in andere gebieden omdat de nieuwe kennis relatief gemakkelijk weglekt. Ook andere typen marktfalen dan kennisspillovers

kunnen leiden tot relatieve onderinvestering in R&D in bepaalde technologiegebieden, zoals risico-aversie en kapitaalmarktimperfecties.

Of de huidige publieke onderzoeksagenda vanuit maatschappelijk perspectief juist is of aanpassing behoeft, kan met deze overwegingen niet zonder meer worden vastgesteld. Daarvoor zijn er twee redenen:

1. Er is te weinig empirische kennis over 1) het belang van publiek-private R&D-wisselwerking voor innovatie, 2) het welvaartseffect van kennisontwikkeling ten bate van publieke taken en 3) het welvaartseffect van stimulering van technologiegebieden waar externe effecten van kennis relatief groot zijn. Daardoor is het niet mogelijk om het onderlinge gewicht van de drie overwegingen te bepalen.
2. Het is niet op voorhand duidelijk in welke gebieden de externe effecten van kennis relatief groot zijn (de derde overweging). Hiervoor is empirische kennis nodig van de omvang van deze spillovers. Precieze kennis ontbreekt echter. Wel lijkt het mogelijk een kwalitatieve analyse van kenmerken van technologiegebieden te maken en hiermee gevoel te krijgen voor verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van kennisspillovers. Als bijvoorbeeld op een technologiegebied nieuwe kennis relatief moeilijk geheimgehouden dan wel met octrooien beschermd kan worden, is het aannemelijk dat de externe effecten van kennis relatief groot zijn op dit gebied.

1 Introductie

In Nederland wordt veel kwalitatief hoogstaand wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd, waarvan het bedrijfsleven weinig gebruik lijkt te maken. Deze zogenaamde kennisparadox staat centraal in veel discussies over innovatie- en wetenschapsbeleid. Een goede wisselwerking tussen wetenschap en bedrijfsleven kan het innovatievermogen van de economie vergroten.

Als de wetenschap echter op heel andere gebieden actief is dan het bedrijfsleven, zijn de mogelijkheden tot wisselwerking hoe dan ook beperkt. In de huidige beleidsdiscussies wordt bijvoorbeeld gesteld dat bedrijven te weinig actief zouden zijn in opkomende technologiegebieden zoals biotechnologie, terwijl er wel veel wetenschappelijk onderzoek is op deze gebieden. Omgekeerd beweren sommigen dat universiteiten en researchinstellingen prikkels moeten krijgen onderzoek te doen in gebieden die voor bedrijven relevant zijn.

Anders gezegd, een groot verschil in de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven kan een oorzaak zijn van de kennisparadox. Maar tot nu toe ontbrak een overzicht van de overeenkomsten en verschillen tussen publieke en private onderzoeksspecialisaties en hoe deze beoordeeld zouden kunnen worden. Een analyse van zulke overeenkomsten en verschillen beperkt zich overigens tot de bèta-gerichte onderzoeksgebieden, omdat bedrijven volgens de statistieken vrijwel geen alfa- en gamma-onderzoek uitvoeren. Om alsnog overzicht te krijgen wordt in dit rapport ingegaan op de volgende vragen:

1. Hoe zien de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven in Nederland er uit, en welke overeenkomsten en verschillen zijn er tussen deze onderzoeksagenda's?
2. Wijkt de Nederlandse situatie af van de situatie in het buitenland?
3. Op basis van welke overwegingen kunnen de gevonden overeenkomsten en verschillen beoordeeld worden?

Potenties versus realisatie van publiek-private wisselwerking

De *potenties* voor wisselwerking worden bepaald door de overeenkomsten in de publieke en private R&D-specialisatiepatronen. Daarbij wordt de vraag gesteld of het publieke R&D-specialisatiepatroon eventueel zou kunnen veranderen om deze potenties te vergroten.

De *realisatie* van potenties voor publiek-private R&D-wisselwerking valt buiten het bestek van dit rapport. In de discussie over de daadwerkelijke benutting van wetenschappelijke kennis door het bedrijfsleven worden bestaande R&D-specialisatiepatronen oftewel potenties als een gegeven beschouwd.

Om de eerste vraag te beantwoorden was het nodig om de R&D-inspanningen van wetenschap en bedrijfsleven in een gemeenschappelijke indeling naar technologiegebied te plaatsen. Zo'n gemeenschappelijke indeling ontbrak tot nu toe en dit rapport voorziet in deze leemte. Het rapport onderscheidt twintig bèta-gerichte technologiegebieden waarvoor R&D wordt verricht door bedrijven, universiteiten en researchinstellingen in Nederland in 1999.

De bevindingen van het empirische onderzoek naar overeenkomsten en verschillen in de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven zijn als volgt:

- De R&D-specialisatiepatronen van bedrijven en (semi-)publieke kennisinstellingen in de Nederlandse bèta-gerichte onderzoeksmarkt blijken sterk te verschillen.
- De grootste verschillen over technologiegebieden tussen de (semi-)publieke sector en het bedrijfsleven kunnen worden samengevat als:
 - De (semi-)publieke R&D-sector is in vergelijking met het bedrijfsleven sterk gespecialiseerd in medische technologie en civieltechnisch onderzoek. Ook is zij relatief actief in biotechnologie, levensmiddelentechnologie, milieu- en veiligheidsonderzoek, en energietechnologie.
 - Bedrijven zijn in vergelijking met de (semi-)publieke sector vooral actief in onderzoek naar technologieën die het bedrijfsproces verbeteren, met name in ICT en proces- en fabricagetechnologie.
- Uit aanvullende gegevens blijkt dat ook in het buitenland de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven sterk verschillen.

Vervolgens is een denkkader ontwikkeld waarbinnen marktfalen als criterium wordt gehanteerd voor de beoordeling van overeenkomsten en verschillen in de wetenschappelijke en bedrijfs-onderzoeksagenda's. Economen zeggen dat de markt faalt als private partijen zoals bedrijven door het marktmechanisme niet of niet voldoende geprikkeld worden tot acties die leiden tot een maatschappelijk gewenste uitkomst. Voor beleidsmakers is het falen in kennis- en productmarkten een belangrijke aanleiding voor het stimuleren van innovatie en wetenschappelijk onderzoek. De belangrijkste uitkomsten van dit denkkader zijn als volgt:

- Tenminste drie overwegingen kunnen bij de beoordeling van de publiek-private R&D-specialisatieverschillen betrokken worden: de potenties voor publiek-private samenwerking in R&D, kennisontwikkeling ten bate van publieke taken, en verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis.
- Of de huidige publieke onderzoeksagenda vanuit maatschappelijk perspectief juist is of aanpassing behoeft, kan met deze overwegingen niet zonder meer worden vastgesteld. Er is te weinig empirische kennis over het onderlinge gewicht van de drie overwegingen en het is niet op voorhand duidelijk in welke gebieden de externe effecten van kennis relatief groot zijn.

Het rapport is opgebouwd volgens de onderzoeksvragen:

- In hoofdstuk 2 worden de feiten gepresenteerd: hoe zien de R&D-specialisatiepatronen van bedrijfsleven en wetenschap in Nederland eruit? Welke overeenkomsten en verschillen zijn er te ontdekken, en waar zijn de verschillen of overeenkomsten het grootst?
- In hoofdstuk 3 onderzoeken we of de Nederlandse situatie afwijkt van die in het buitenland.
- Hoofdstuk 4 werkt het denkkader uit. Welke overwegingen kunnen betrokken worden bij de beoordeling van de wetenschappelijke onderzoeksagenda in vergelijking met die van het bedrijfsleven? Welke mogelijke opties zijn er voor wetenschaps- en innovatiebeleid?

2 Bèta-gerichte R&D-specialisatiepatronen in Nederland

Hoe zien de onderzoeksagenda's van bedrijfsleven en wetenschap in Nederland eruit? Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de R&D-specialisatiepatronen van spelers in de Nederlandse bèta-gerichte kennismarkt: bedrijven, universiteiten en researchinstellingen. Hun onderzoeksinspanningen zijn geplaatst binnen een uniforme indeling naar technologiegebieden. Daardoor is vanuit een macro-economische invalshoek te zien hoe private en (semi-)publiek onderzoek is verdeeld. Op welke technologiegebieden zijn bedrijven, researchinstellingen en universiteiten actief? Hoe verhouden hierdoor hun specialisatiepatronen zich tot elkaar?

Na een beschrijving van de meting van R&D-specialisatie (paragraaf 2.1) presenteren we de feiten. De R&D-specialisatiepatronen van de private en de (semi-)publieke sector in bèta-gericht onderzoek blijken sterk te verschillen (paragraaf 2.2). Een uitsplitsing van de (semi-)publieke R&D-sector naar universiteiten en researchinstellingen laat zien waar de grootste verschillen tussen private en (semi-)publieke R&D vandaan komen (paragraaf 2.3 en 2.4). Paragraaf 2.5 concludeert.

2.1 Een gemeenschappelijk kader voor meting van R&D-specialisatie

Hoe verhoudt het R&D-specialisatiepatroon van universiteiten en researchinstellingen zich tot het R&D-specialisatiepatroon van bedrijven? Om dit te kunnen meten zijn de R&D-inspanningen in een gemeenschappelijk kader geplaatst. In dit kader is onderzoekspersoneel van bedrijven, researchinstellingen en universiteiten verdeeld over twintig bèta-gerichte technologie-gebieden zoals gedefinieerd door het CBS (zie Appendix C). Voor elk technologiegebied is een relatieve specialisatiefactor berekend voor de universiteiten en researchinstellingen (zie toelichting in de Box). Hiermee laten we zien in hoeverre hun R&D-specialisatiepatroon over de technologiegebieden overeenkomt of verschilt van het specialisatiepatroon van het bedrijfsleven.

De focus op bèta-gerichte technologiegebieden is niet willekeurig. De beleidsdiscussie over de wisselwerking tussen bedrijf en wetenschap heeft vooral betrekking op bèta-gerichte gebieden. Bedrijven zijn volgens de R&D-statistieken nauwelijks actief in onderzoek in alfa- en gammagebieden. Met bèta-gerichte R&D is in elk geval een zeer groot deel van de nationale R&D in de analyse meegenomen. In 1999 werd er in Nederland door bedrijven en (semi-)publieke kennisinstellingen samen 87 duizend arbeidsjaar ingezet voor onderzoek (zie Tabel A.1). Hiervan was 85% gericht op de bètagebieden landbouw, natuur, techniek en gezondheid.

Wat is de relatieve specialisatiefactor?

De relatieve specialisatiefactor voor een technologiegebied is de mate waarin universiteiten en researchinstellingen méér of minder actief zijn dan de bedrijvensector in dit gebied ten opzichte van andere technologiegebieden. De berekening van de relatieve specialisatiefactor is als volgt:

1. Eerst is de R&D-allocatie berekend: de procentuele verdeling van R&D-arbeidsjaren van bedrijven, researchinstellingen en universiteiten over de twintig technologiegebieden.

Universiteiten zetten bijvoorbeeld 11.6% van hun 15916 R&D-arbeidsjaren in 1999 in voor biotechnologisch onderzoek, en 6.8% voor onderzoek in elektronica (zie tabel onder). Bedrijven zetten 4.9% van hun 45174 R&D-arbeidsjaren in voor biotechnologie, en 9.7% voor elektronica.

2. Daarna is de relatieve specialisatiefactor per technologiegebied berekend: het procentuele aandeel van een bepaald technologiegebied in onderzoek bij de (semi-)publieke kennisinstellingen afgezet tegen het procentuele aandeel van hetzelfde gebied in onderzoek door de bedrijvensector.

Als het procentuele aandeel van een gebied bij de (semi-)publieke instelling groter (kleiner) is dan bij bedrijven, dan geeft dit een relatieve specialisatiefactor groter (kleiner) dan +1 (-1). De instelling is dan relatief meer (minder) actief op het betreffende gebied dan bedrijven.^{a)}

Universiteiten zijn bijvoorbeeld in vergelijking met bedrijven relatief actief in biotechnologie, met een relatieve specialisatiefactor van $+ (11.6\% : 4.9\%) = + 2.4$. In elektronica daarentegen zijn universiteiten relatief minder actief met een factor $- (9.7\% : 6.8\%) = - 1.4$.

Berekening van de relatieve specialisatiefactor

Technologiegebied	Aandeel technologiegebied in onderzoek door bedrijven	Aandeel technologiegebied in universitair onderzoek	Relatieve specialisatiefactor universiteiten
Biotechnologie	4,9 %	11,6 %	+ 2.4
Elektronica	9,7 %	6,8 %	- 1.4
Totaal R&D-arbeidsjaren	100,0 %	100,0 %	

Bron: Tabel A.3

Indien er geen helemaal onderzoeksactiviteit is in een bepaald technologiegebied bij de (semi-)publieke instelling, is de specialisatiefactor niet van toepassing. Ook zijn er geen specialisatiefactoren berekend voor de technologiegebieden ruimtevaartonderzoek en defensie, omdat bedrijven door het CBS geen R&D-arbeidsjaren toegewezen krijgen op deze gebieden.

^{a)} De specialisatiefactor is dus altijd groter dan +1 óf kleiner dan -1. Het interval $[-1, +1]$ heeft geen betekenis.

Bij deze afbakening tot bèta-gerichte technologiegebieden passen wel enige kanttekeningen:

- De geregistreerde R&D omvat niet alle R&D-activiteit. R&D door met name kleine bedrijven en bedrijven in de dienstensector is moeilijk registreerbaar.
- R&D is een (weliswaar niet onbelangrijk) deel van de totale innovatieve activiteit. Niet-technologische vernieuwingen zijn ook van belang, zoals nieuwe organisatiestructuren en design.

- Tenslotte impliceert onze afbakening tot bèta-gerichte technologiegebieden uiteraard niet dat alfa- en gammagerichte kennisgebieden niet maatschappelijk relevant zijn.

De R&D-inspanningen over de twintig technologiegebieden zijn gemeten in R&D-*arbeidsjaren*. Er zijn namelijk geen gegevens van R&D-*uitgaven* die zijn uitgesplitst naar technologiegebied. R&D-*arbeidsjaren* zijn een goede, maar niet perfecte, indicator voor R&D-*uitgaven*. Geaggregeerde gegevens laten zien dat voor bèta-onderzoek in het algemeen 90 tot 100 duizend euro per R&D-*arbeidsjaar* wordt uitgegeven (Tabel A.2). Een alternatieve meting van specialisatiepatronen op basis van wetenschappelijke onderzoeks*output* geeft een aantal verschillen maar ook opvallende overeenkomsten te zien met de meting in R&D-*arbeidsjaren*, de onderzoeks*input* (zie de laatste Box in paragraaf 2.2).

De voornaamste databronnen bij de berekening van de specialisatiepatronen waren (zie ook Appendix B):

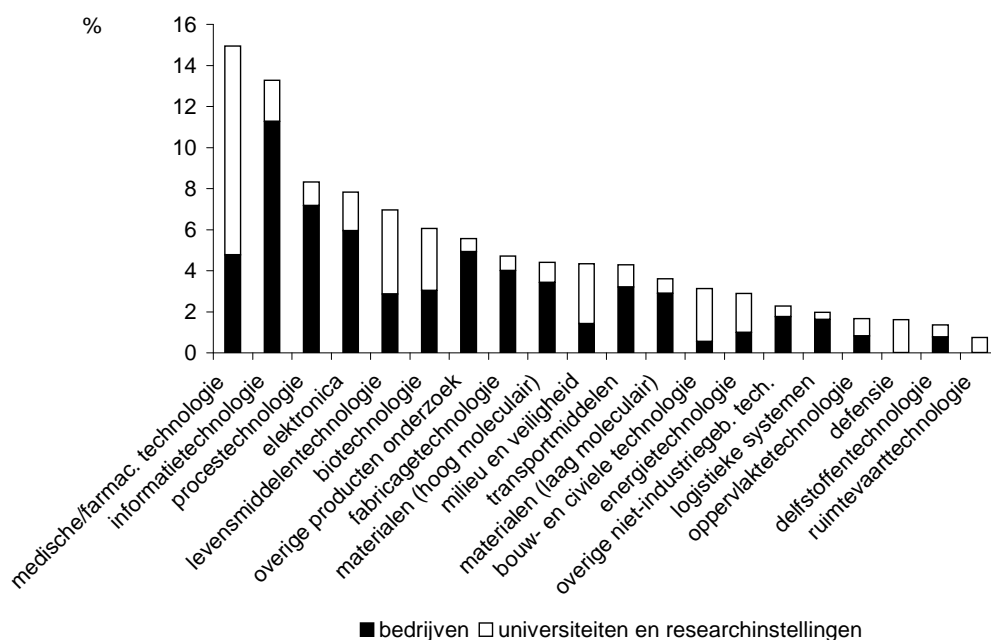
- CBS-tabellen in Kennis en Economie 2001, met een verdeling van R&D-*arbeidsjaren* van de bedrijvensector en een deel van de researchinstellingen over twintig toepassingsgerichte bèta-technologiegebieden en een categorie ‘fundamenteel onderzoek’;
- De NIWI/NOD almanak 2003 van universiteiten in Nederland, met gegevens over aantallen hoogleraren en universitair hoofddocenten per vakgroep;
- Jaarverslagen van de KNAW, het NWO en diverse researchinstellingen, met personeelsgegevens van onderzoek per instelling of wetenschapsgebied.

In de volgende paragrafen worden de R&D-specialisatiepatronen van de (semi-)publieke kennisinstellingen vergeleken met het specialisatiepatroon van het bedrijfsleven. Welke overeenkomsten of verschillen zijn er te zien tussen deze specialisatiepatronen? En in welk deel van de (semi-)publieke R&D-sector zijn verschillen het grootst?

2.2 Specialisatieverschillen tussen private en (semi-)publieke R&D

In Nederland werden er in 1999 ruim 73 duizend R&D-*arbeidsjaren* ingezet voor onderzoek in bèta-gerichte technologie-gebieden door bedrijven (60%), universiteiten (20%) en researchinstellingen (20%). Bijna 30% van de R&D-*arbeidsjaren* ging naar de technologiegebieden medische en farmaceutische technologie en ICT (Figuur 2.1). Op afstand volgen procestechnologie, elektronica, levensmiddelen en biotechnologie, samen goed voor eveneens bijna 30% van de totale bèta-gerichte R&D-inzet in Nederland.

Figuur 2.1 R&D-arbeidsjaren in technologiegebieden (in % van totaal R&D-arbeidsjaren), 1999



De relatieve bijdragen van het bedrijfsleven en de (semi-)publieke sector blijken sterk te verschillen per technologiegebied. De (semi-)publieke kennisinstellingen hebben in vergelijking met het bedrijfsleven een sterke focus op technologiegebieden die van belang zijn voor medische zorg, life sciences¹, fysieke infrastructuur, milieu en energie, terwijl bedrijven vooral zijn gespecialiseerd in ICT en proces- en fabricagetechnologie² (Figuur 2.2). Slechts in een vijftal gebieden lijkt de relatieve omvang van de publieke R&D aan te sluiten bij de relatieve omvang van private activiteit: biotechnologie, elektronica, transportmiddelen, oppervlaktestechnologie en delfstoffentechnologie.³ Opsplitsing van de (semi-)publieke R&D-activiteiten naar financiering door de overheid en financiering door de markt verandert het beeld niet in grote lijnen (zie Box over specialisatieverschillen naar financieringsbron).

Technologiegebieden gesorteerd naar omvang (semi-)publieke R&D-inzet

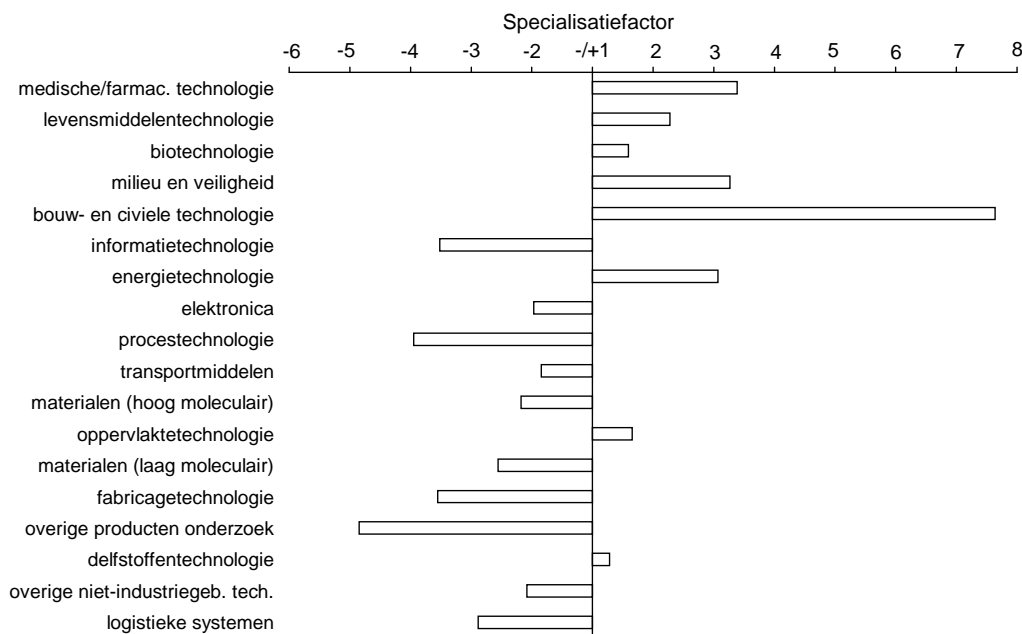
In Figuur 2.2 zijn de technologiegebieden gesorteerd naar het afnemend aantal R&D-arbeidsjaren in de (semi-)publieke R&D-sector als geheel (zie Tabel A.3, kolom '(semi-)publieke kennisinstellingen'). Zo is relatieve R&D-specialisatie van deze sector in een technologiegebied te koppelen aan de omvang van de (semi-)publieke R&D-inzet. Medisch en farmaceutisch onderzoek is dus het grootste gebied in de (semi-)publieke R&D-sector gemeten naar het aantal R&D-arbeidsjaren, logistiek het kleinste gebied (defensie en ruimtevaart zijn uitgezonderd). Andere figuren in dit rapport met relatieve specialisatiepatronen volgen dezelfde sortering van technologiegebieden.

¹ Life sciences hebben betrekking op alles wat te maken heeft met organismen, zoals planten, dieren en mensen. Technologiegebieden van belang voor de life sciences zijn met name materialen (laag molecuulair), levensmiddelen-technologie, biotechnologie, medische en farmaceutische technologie en milieu.

² Bedrijven doen relatief veel onderzoek in het gebied 'overige productenonderzoek', maar wat voor onderzoek hier precies onder valt is vrij vaag (zie Appendix C), zodat we dit geen echte specialisatie willen noemen.

³ 'Overige niet-industriegebonden technologie' is net als 'overige productenonderzoek' een grijs gebied.

Figuur 2.2 Relatieve specialisatie van de (semi-)publieke R&D-sector (bedrijven = +/- 1), 1999



Specialisaties van de (semi-)publieke sector

De onderzoeksfocus van de (semi-)publieke kennisinstellingen ligt op technologiegebieden die van belang zijn voor medische zorg, life sciences, fysieke infrastructuur, milieu, veiligheid en energie:

- Een opvallende (semi-)publieke specialisatie is bouw- en civiele technologie. Dit is een van de grotere technologiegebieden bij de kennisinstellingen qua inzet in R&D-arbeidsjaren, maar de specialisatiefactor is vooral zo hoog omdat bedrijven hier relatief weinig in doen.
- In medische en farmaceutische technologie worden de meeste (semi-)publieke R&D-arbeidsjaren ingezet: ruim een kwart van het R&D-personeel werkt voor dit technologiegebied. Hier hebben de instellingen een iets minder hoge specialisatiefactor. Bedrijven zijn actiever in dit gebied, vooral in farmacie en medische apparatuur.
- Verder doen de instellingen veel aan kennisontwikkeling op het gebied van levensmiddelen, milieu, veiligheid en energie.

Defensie- en ruimtevaartonderzoek wordt volledig uitgevoerd door de kennisinstellingen.

Ontwikkeling door bedrijven van bijvoorbeeld apparatuur die verkocht kan worden aan defensie (zoals nachtkijkers van Thales) wordt door het CBS waarschijnlijk ingedeeld bij elektronica, en niet gekenschetst als specifiek defensiegericht onderzoek.

Wie financiert het (semi-)publieke onderzoek in bèta-gerichte technologiegebieden?

In de hoofdstuk gaan we uit van relatieve specialisatiepatronen gemeten in R&D-arbeidsjaren, dat wil zeggen onderzoek *uitgevoerd* door de (semi-)publieke sector. Een alternatief uitgangspunt kan de analyse zijn van het relatieve specialisatiepatroon van *publiek gefinancierd* onderzoek. Berekening van relatieve specialisatiepatronen op basis van *financieringsbron* (publiek of privaat gefinancierd onderzoek in de (semi-)publieke sector) is echter alleen mogelijk op basis van een aantal extra aannames, wat niet ten goede komt aan de kwaliteit van deze gegevens.

Als we er vanuit zouden gaan dat deze gegevens naar financieringsbron betrouwbaar zijn, dan krijgen we onderstaande figuur. Deze figuur geeft de relatieve specialisatiepatronen van:

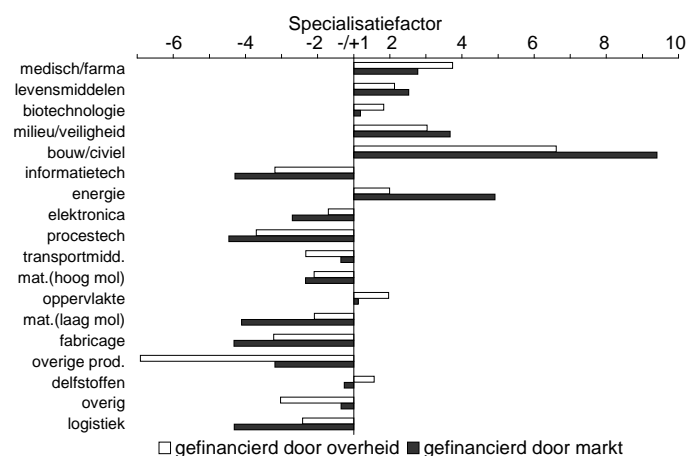
- Het deel van (semi-)publiek onderzoek dat is gefinancierd door de Nederlandse overheid, en
- Het deel van (semi-)publiek onderzoek dat is gefinancierd door de 'markt'.^{a)}

Op basis van deze figuur constateren we het volgende:^{b)}

- Vergelijking met Figuur 2.2 toont dat het specialisatiepatroon van met name het *publiek* gefinancierd onderzoek van de (semi-)publieke kennisinstellingen ongeveer overeenkomt met het totale onderzoek ongeacht financieringsbron. Het aandeel van het publiek gefinancierde deel in het totale (semi-)publieke onderzoek is ongeveer 63% volgens de onderliggende gegevens van onderstaande figuur (Tabel A.8).
- De richting van de specialisatie (+ of -) is hetzelfde voor het publiek en het privaat gefinancierde deel. Een uitzondering is delfstoffentechnologie, maar het verschil met het specialisatiepatroon van bedrijven is hier vrij klein.
- Op de gebieden waarop bedrijven zelf veel aan R&D doen, zijn de specialisatiefactoren van het privaat gefinancierde deel van (semi-)publiek onderzoek meestal lager dan die van het publiek gefinancierde deel. Dit impliceert dat bedrijven op die gebieden *relatief* weinig uitbesteden aan de (semi-)publieke kennisinfrastructuur. Een uitzondering is transportmiddelentechnologie.

Het specialisatiepatroon van met name het publiek gefinancierde (semi-)publieke onderzoek komt globaal overeen met het specialisatiepatroon van het uitgevoerde (semi-)publiek onderzoek. Omdat er echter door de extra aannames twijfel is over de robuustheid van de gegevens naar financieringsbron, gaan we in de hoofdstuk uit van specialisatiepatronen gemeten in R&D-arbeidsjaren.

Relatieve specialisatie van de (semi-)publieke R&D-sector naar financieringsbron (bedrijven = +/- 1), 1999



^{a)} Op basis van een aantal aannames zijn de R&D-arbeidsjaren in het (semi-)publiek onderzoek uitgesplitst naar publiek en privaat gefinancierde arbeidsjaren. De twee resulterende specialisatiepatronen zijn afgezet tegen het patroon van bedrijven. Het specialisatiepatroon van het totale onderzoek bij de (semi-)publieke kennisinstellingen in Figuur 2.2 is dus een gewogen gemiddelde van de specialisatiepatronen van het publiek en privaat gefinancierde onderzoek in bovenstaande figuur.

^{b)} Hierbij laten we de grijze gebieden 'overige productenonderzoek' en 'overige niet-industriegebonden technologie' buiten beschouwing.

Specialisaties van de bedrijvensector

In de gebieden waarin bedrijven relatief actief zijn (ICT, proces- en fabricagetechnologie, logistiek, 'overige industriële producten' en 'overige niet-industriegebonden technologieën'), zit veel onderzoek die praktijktechnieken opleveren waardoor bedrijven en organisaties kunnen functioneren en produceren:

- Voor ICT verrichten bedrijven het meeste onderzoek (bijna 20% van hun R&D-inzet). Dit onderzoek gebeurt vooral in de elektrotechnische industrie (zoals softwareontwikkeling voor elektrotechnische en medische apparatuur), en computerservicebedrijven die onder meer 'embedded systemen' ontwerpen. Aangezien de cijfers van 1999 zijn, ten tijde van de ICT-hype, zou de R&D-activiteit in ICT tegenwoordig iets minder kunnen zijn.⁴ De recente inkrimpingen bij Ericsson, KPN, en Lucent in Nederland wijzen in deze richting. Ook wordt een deel van het ICT-onderzoek naar het buitenland verplaatst door onder andere AND, Getronics en Philips.⁵ Niettemin zal ICT tegenwoordig nog steeds relatief veel onderzoeksruimte bij bedrijven in beslag nemen, omdat het een doorbraaktechnologie is. Een voorbeeld is Philips, dat in Eindhoven steeds meer inzet op softwareontwikkeling voor geïntegreerde consumentenproducten.⁶
- Verschillende industriële branches doen een groot deel van het onderzoek naar proces- en fabricagetechnologie. Onderzoek voor 'overige industriële producten' wordt vooral uitgevoerd door de metaalproductenindustrie, machine-industrie en elektrotechnische industrie. In de dienstensector vindt veel onderzoek plaats in logistieke technologie (bij handels- en computerservicebedrijven) en 'overige niet-industriegebonden onderzoek' (door financiële instellingen en architecten- en ingenieursbureaus).⁷

De R&D in de bedrijvensector wordt overigens sterk bepaald door onderzoek van de grote chemie- en elektronicaconcerns zoals DSM, Unilever, Shell, Akzo Nobel en Philips. Zij doen veel onderzoek naar onder meer materialen, ICT, oppervlaktetechnologie en elektronica. Daarbij zit ook vrij veel biotechnologische en farmaceutische R&D (zie Box over R&D in Nederland door bedrijven). Kleine bedrijven en de dienstensector kunnen echter niet uitgevlakt worden, zowel qua omvang van hun R&D als in de aard van hun onderzoek. Bij nieuwe technologieën als ICT en life sciences, zijn het vaak bedrijven uit de dienstensector (IBM,

⁴ In 2001 was het aandeel van ICT-onderzoek nog even hoog (Kennis en Economie, 2003, Tabel A.4.2.1).

⁵ Intermediair, "Slim werk sluipt het land uit", 20-11-2003. Er lijkt echter ook sprake te zijn van een gedeeltelijke verschuiving binnen de Nederlandse kennisinfrastructuur. Hoogopgeleide mensen zoals IT'ers kunnen relatief gemakkelijk in andere sectoren aan de slag. Verder is de R&D van KPN overgeheveld naar TNO (Haagsche Courant, "TNO Telecom houdt it-onderzoek in Nederland op peil", 18-01-2003), en oud-werknemers van Lucent en Ericsson zijn in nauwe samenwerking met de TU Twente, TU Delft en TNO eigen bedrijfjes begonnen (Automatisering Gids, "Starters erven R&D Lucent en Ericsson", 11-04-2003).

⁶ Philips investeert onder meer in het Home-Lab, een nagebouwd huis met elektronische snuffjes (Volkskrant, "Techno-campus aan de Dommel", 31-05-2003).

⁷ CBS Kennis en Economie 2001, Tabel A.4.2.1.

Exact, LogicaCGM, Baan) en kleine bedrijfjes zoals biotech spin-offs van universiteiten (Crucell), die aanjagers zijn van fundamenteel onderzoek en nieuwe toepassingen.

Welke bedrijven in welke technologiegebieden?

Een groot deel van de Nederlandse bedrijfs-R&D wordt verricht door de industrie, en daarbinnen vooral door de grote multinationals. De elektrotechnische en machine-industrie domineert, met bedrijven als Philips, ASM Lithography, Océ, Stork, ASM International, en Thales. Maar ook de voedingsmiddelenindustrie (vooral Unilever, Advanta, Campina en Numico) en de chemische en farmaceutische industrie (Shell, DSM, Akzo Nobel, Unilever, Dow en Solvay Pharmaceuticals) leveren veel R&D-inspanningen.

Een exacte verdeling van de R&D van de grote bedrijven over technologiegebieden is niet beschikbaar, maar een indicatie van waar zij zich vooral mee bezig houden is wel te geven. Daarnaast is de omvang van hun R&D in Nederland bekend. De top-7 spendeert nog altijd ruim de helft van de totale R&D door bedrijven in Nederland (zie onderstaande tabel).

CPB R&D-hitlijst: R&D-uitgaven in Nederland door bedrijven rond 2001

	Mln euro	Doet onderzoek vooral in de volgende technologiegebieden ^{a)}
Top 7: boven 100 mln		
Philips	1050	Elektronica, fabricage, materialen en oppervlaktetechnologie, medische technologie, ICT
Akzo Nobel	465	Materialen en oppervlaktetechnologie, diergeneesmiddelen, medische/farmaceutische technologie
Shell	298	Delfstoffentechnologie en energie, materialen, oppervlaktetechnologie, procestechnologie
ASML	265	Elektronica, fabricage, materialen en oppervlaktetechnologie, ICT
DSM	190	Materialen en oppervlaktetechnologie, biotechnologie, medische/farmaceutische technologie, procestechnologie
Unilever	142	Materialen en oppervlaktetechnologie, biotechnologie, levensmiddelentechnologie
Océ	115	Elektronica, fabricage, ICT
Tussen 10 en 100 mln	1079	(44 bedrijven)
Minder dan 10 mln	370	(144 bedrijven)
Totaal CPB R&D-hitlijst	3974	(295 bedrijven, rond 2001)
Top 7 als % totaal CPB	64%	
CBS R&D-uitgaven bedrijven	4457	(in 2000)
Top 7 als % totaal CBS	57%	

Bron: CPB R&D-hitlijst 2003 (www.cpb.nl). Hier gaat het uitdrukkelijk om R&D die in Nederland zelf plaatsvindt, dus niet de R&D op concernniveau. CBS R&D-uitgaven 2000: Kennis en Economie 2002, Kerntabel.

^{a)} Deze toewijzing sluit niet uit dat de bedrijven actief zijn op andere gebieden. Kenmerkend voor de grote bedrijven is juist hun brede multidisciplinaire aanpak. Unilever bijvoorbeeld, heeft recentelijk een onderzoekslaboratorium voor moleculaire informatica in Engeland gestart, waarmee zij ICT-ontwikkelingen in de gaten houdt, en ze doet aan perceptieonderzoek met behulp van hersenscans (Chemisch Weekblad 12, 21 juni 2003).

Grote verschillen tussen publieke en private R&D-specialisatie

De feiten laten zien dat er meer verschillen dan overeenkomsten tussen publieke en private R&D-specialisatiepatronen zijn. In aantal gebieden zijn de verschillen zelfs opvallend groot, namelijk in medische en farmaceutische technologie, bouw, ICT en proces- en fabricagetechnologie:

- De relatieve specialisatiefactor van de (semi-)publieke sector in medische en farmaceutische technologie is niet veel hoger dan die van milieu en energie. Het gebied neemt echter ruim een kwart van de R&D-arbeidsjaren in de (semi-)publieke sector in beslag, en speelt dus een grote rol.
- De zeer hoge specialisatiefactor in bouwtechnologie wordt vooral veroorzaakt doordat bedrijven hier zeer weinig aan R&D doen.
- ICT wordt in het algemeen beschouwd als een doorbraaktechnologie met potenties voor langere termijn (CPB, 2002). Toch doen bedrijven hier veel meer R&D dan de (semi-)publieke sector. Het zou kunnen dat de aard van het ICT-onderzoek verschilt tussen de publieke en private sector. Het ICT-onderzoek van bedrijven was in 1999 ongeveer gelijkelijk verdeeld tussen de industrie (hardware en telecom) en de dienstensector (software). Het is niet op voorhand duidelijk wat het (semi-)publieke onderzoek in ICT inhoudt.
- Proces- en fabricagetechnologie zijn belangrijke gebieden voor verbetering van efficiëntie in het productieproces. Voor een deel vindt de ontwikkeling van deze technologieën in de bedrijfsomgeving plaats. Toch lijken er technologieën te zijn, zoals scheidingstechnologie, die meerdere toepassingsmogelijkheden zouden kunnen hebben. Dit betekent niet meteen dat onderzoek hiernaar publiek uitgevoerd zou moeten worden, maar het specialisatieverschil is wel fors.

De specialisatieverschillen tussen bedrijven en (semi-)publieke sector komen eveneens tot uitdrukking wanneer gekeken wordt naar de aard van het onderzoek. De terreinen waarop de (semi-)publieke instellingen relatief actief zijn, zijn meestal gebieden waarop veel fundamenteel onderzoek wordt verricht (zie Box over specialisatie naar aard van onderzoek). Uitschieters zijn dezelfde gebieden als hierboven besproken.⁸ Een kanttekening die we bij deze meting plaatsen, is dat het onderscheid tussen fundamenteel en toegepast onderzoek in de praktijk vrij vaag is.

Een alternatieve meting op basis van aantallen publicaties uit fundamenteel onderzoek naar wetenschapsdiscipline bevestigt grotendeels de grote specialisatieverschillen gemeten in R&D-arbeidsjaren (zie Box over de meting van de relatieve specialisatiepatronen op basis van wetenschappelijke publicaties).

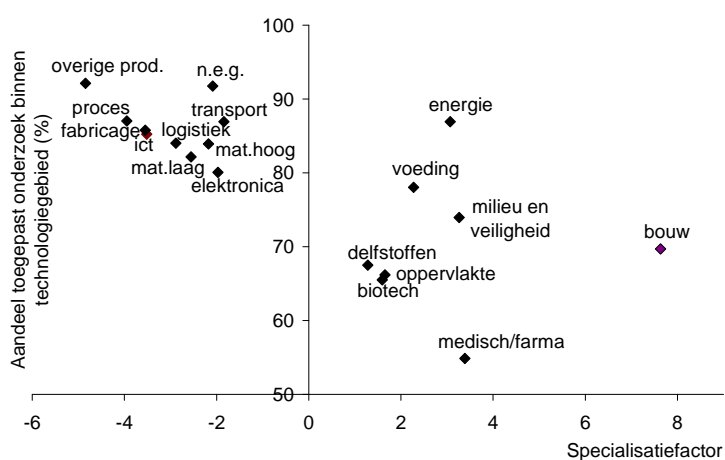
⁸ Hierbij laten we de grijze gebieden 'overige productonderzoek' en 'overige niet-industriegebonden technologie' terzijde.

Relatief specialisatieverschil ook te zien in aard van onderzoek

De aard van het onderzoek in de diverse technologiegebieden kan lopen van marktgericht met directe commerciële toepassingen tot zuiver wetenschappelijk onderzoek om te begrijpen hoe iets werkt. Fundamenteel onderzoek vindt vooral in de publieke sector plaats. Zo'n 65% van de totale onderzoeksinzet bij de universiteiten wordt geclassificeerd als fundamenteel, bij researchinstellingen 25% en bedrijven nog geen 7% (Tabel A.1). Deze classificatie is in feite een kunstmatig onderscheid. In de praktijk is het onderscheid tussen fundamenteel en toegepast onderzoek vrij vaag.

Rangschikking van de technologiegebieden naar het aandeel van toegepast onderzoek per gebied laat zien dat de technologiegebieden met relatief veel toepassingsgericht onderzoek gedomineerd worden door bedrijven. (zie Figuur onder). Relatief veel fundamenteel onderzoek zit in de medische en farmaceutische technologie, life sciences, bouw, oppervlaktetechnologie en delfstoffentechnologie. Een uitzondering is energietechnologie, waar de instellingen een positieve specialisatiefactor hebben maar waar wel veel toepassingsgericht onderzoek plaats vindt (bij ECN, zie paragraaf 2.4).

Aandeel toegepast onderzoek afgezet tegen specialisatiefactor van de (semi-)publieke sector, 1999



Noot: 'n.e.g.' = overige niet-industriegebonden technologie.

Conclusies

Samengevat zijn er overeenkomsten maar vooral verschillen in R&D-specialisaties van de (semi-)publieke kennisinstellingen en bedrijfsleven. De instellingen zijn gespecialiseerd op technologiegebieden die van belang zijn voor medische zorg, life sciences, infrastructuur, milieu en energie. Bedrijven zijn vooral gespecialiseerd in ICT en proces- en fabricagetechnologie. In een aantal technologiegebieden zijn de verschillen zelfs opvallend groot: medische en farmaceutische technologie, bouwtechnologie, ICT en proces- en fabricagetechnologie. Opsplitsing van de (semi-)publieke sector in universiteiten en researchinstellingen laat zien waar deze grote verschillen vandaan komen. Hierover gaan de volgende paragrafen (2.3 en 2.4).

Een alternatieve meting van specialisatiepatronen: publicaties uit fundamenteel onderzoek

De gegevens in dit rapport zijn gebaseerd op metingen in R&D-arbeidsjaren. Een alternatieve indicator is het aantal publicaties uit fundamenteel onderzoek in wetenschapsgebieden in de periode 1998-2001 (NOWT, 2003, zie ook Tabel A.10). Wetenschapsgebieden volgen een andere indeling dan de technologiegebieden in dit rapport, maar een ruwe vergelijking laat een aantal opvallende overeenkomsten en verschillen zien tussen de twee alternatieve indicatoren (zie Figuur onder en Figuur 2.2).^{a)} Beide indicatoren geven aan dat de (semi-)publieke kennisinstellingen:

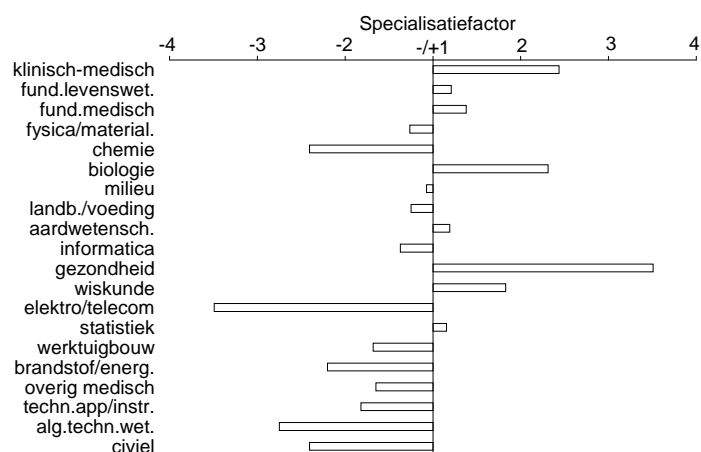
- Gespecialiseerd zijn in medische wetenschappen (ruwweg de disciplines klinisch-medisch, fundamenteel en experimenteel medisch, gezondheidswetenschappen en overige medische wetenschappen)
- Weinig doen in onderzoek in ICT, proces- en fabricagetechnologie en elektronica (deels in informatica, elektro/telecom, fysica, chemie, werktuigbouw, apparatuur/instrumenten).

Verskil tussen de indicatoren zit in:

- De life sciences (delen van de fundamentele levenswetenschappen, chemie, biologie, milieu, landbouw, aardwetenschappen en delen van de medische wetenschappen) zijn maar gedeeltelijk een specialisatie van de (semi-) publieke sector gemeten naar publicatieaantallen. Vooral in milieu en landbouw publiceren de instellingen relatief weinig.
- Een duidelijk verschil tussen de alternatieve indicatoren is er in energie en civiele technologie. Volgens de meting in publicatieaantallen is dit een specialisatie van bedrijven, bij de meting in R&D-arbeidsjaren niet.

Een belangrijke kanttekening bij deze alternatieve meting is dat kennis uit fundamenteel onderzoek relatief vaak naar buiten komt in de vorm van wetenschappelijke publicaties, en toegepast onderzoek relatief vaak in de vorm van concrete producten en processen. Dat de (semi-)publieke kennisinstellingen blijkbaar weinig publiceren in milieu, energie, civieltechnische gebieden en landbouw (levensmiddelentechnologie) terwijl zij veel R&D activiteiten verrichten in deze technologiegebieden lijkt er op te duiden dat deze R&D vooral toegepast van aard is. Zoals later zal blijken, zijn deze technologiegebieden eerder specialisaties van researchinstellingen dan van universiteiten (zie paragrafen 2.3 en 2.4). Het onderzoek van researchinstellingen is relatief toepassingsgericht.

Relatieve specialisatie op basis van publicaties uit fundamenteel onderzoek (bedrijven = +/- 1), 1998-2001



^{a)} De wetenschapsdisciplines in de Figuur zijn gesorteerd naar afnemend aantal publicaties door universiteiten en researchinstellingen samen. Het relatieve specialisatiepatroon op basis van R&D-arbeidsjaren in fundamenteel onderzoek is overigens vergelijkbaar met dat van R&D-arbeidsjaren in totaal (toegepast en fundamenteel onderzoek samen) in Figuur 2.2.

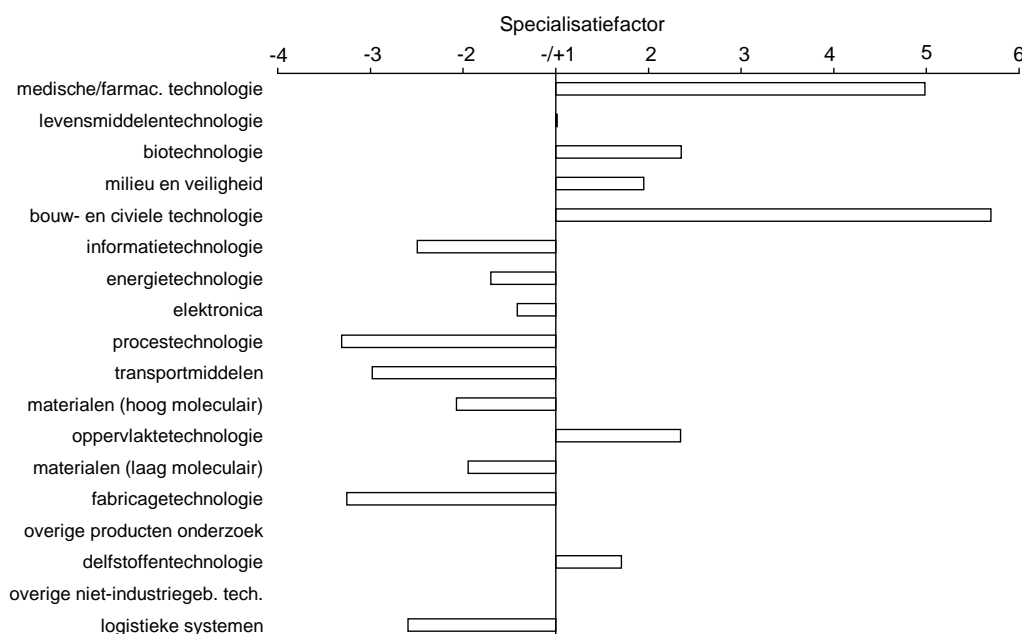
2.3 Relatieve specialisatie van universiteiten

De (semi-)publieke sector blijkt een aantal grote R&D-specialisatieverschillen te vertonen met de private sector. Welke onderdelen van de (semi-)publieke sector dragen bij aan deze grote verschillen? In deze paragraaf bespreken we het specialisatiepatroon van de universiteiten, in de volgende paragraaf komen de researchinstellingen aan de orde. Uit de feiten over de universitaire R&D blijkt dat de universiteiten in vergelijking met bedrijven gespecialiseerd zijn in onderzoek in medische technologie, bouw, biotechnologie en oppervlaktetechnologie, maar niet sterk aanwezig zijn in ICT, transport en logistiek, en proces- en fabricagetechnologie. De accenten in het universitaire onderzoek verschillen naar geldstroom of universiteit.

Het universitaire R&D-specialisatiepatroon

De opvallend grote specialisatieverschillen tussen de (semi-)publieke en private sector in een aantal technologiegebieden zoals beschreven in de vorige paragraaf zijn terug te vinden in het universitaire specialisatiepatroon (Figuur 2.3). Bijna 40% van de R&D-arbeidsjaren bij universiteiten wordt ingezet voor medisch en farmaceutisch onderzoek. Vergeleken met bedrijven is dit gebied bij de universiteiten met een factor +5 sterker vertegenwoordigd. De relatieve specialisatie in bouw- en civiele technologie is nog groter. ICT en proces- en fabricagetechnologie zijn gebieden waarin de universiteiten relatief weinig R&D verrichten.

Figuur 2.3 Relatieve specialisatie van universiteiten (bedrijven = +/-1), 1999



Daarnaast zijn er een aantal andere gebieden te zien waarin de universiteiten redelijk veel verschillen van de bedrijven. De universiteiten doen relatief meer onderzoek in biotechnologie dan bedrijven. Hieruit komen zelfs nieuwe biotech-bedrijven voort, zoals Crucell. Ook valt de specialisatiefactor van oppervlaktetechnologie op, terwijl de omvang van het universitaire R&D-personeel in dit gebied niet groot is. Aan de andere kant worden er in vergelijking met bedrijven weinig R&D-arbeidsjaren ingezet bij ontwikkeling van transportmiddelen en logistiek. In levensmiddelentechnologie komt de relatieve inspanning van universiteiten en bedrijven overeen. Bedrijfsonderzoek wordt verricht door grote multinationals (Unilever, DSM) en er is plantveredelingsonderzoek door landbouwgerichte bedrijven (Advanta, Nunhem).

Conclusies

Samengevat zijn de grote specialisatieverschillen tussen bedrijven en de (semi-)publieke sector terug te vinden in het universitaire specialisatiepatroon. De universiteiten zijn in vergelijking met bedrijven sterk gespecialiseerd in medische en farmaceutische technologie en bouwtechnologie, en relatief weinig actief in ICT en proces- en fabricagetechnologie. Daarnaast valt op dat biotechnologie en oppervlaktetechnologie specifiek universitaire specialisaties zijn, en bij transport en logistiek relatief weinig universitaire R&D-inspanning is.

De relatieve specialisatiefactor van de universitaire R&D verschilt echter naar geldstroom of type universiteit. Er zijn diverse beleidsdiscussies over de financiering (en daarmee eventuele sturing) van onderzoek via de verschillende geldstromen, en over speerpunten voor universitair onderzoek.⁹ Een in dit verband interessante vraag is welke geldstroom of universiteit op dit moment het meest of minst aansluit bij het specialisatiepatroon van het bedrijfsleven.

De geldstromen

Het onderzoek aan de Nederlandse universiteiten wordt gefinancierd via drie geldstromen:¹⁰

- 1^e geldstroom: basisfinanciering van het Ministerie van OCW en LNV
- 2^e geldstroom: overheidsfinanciering via NWO- en KNAW-programma's
- 3^e geldstroom: contractonderzoek in opdracht van overheden, bedrijven en/of fondsen

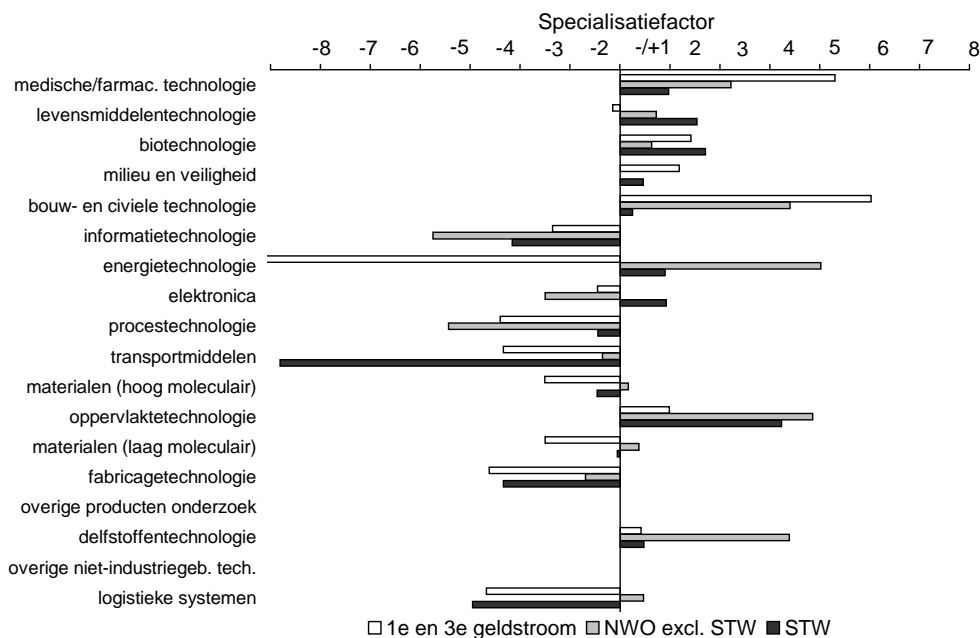
De totale onderzoeksinzet gemeten naar R&D-arbeidsjaren in de 1^e geldstroom is het grootst, en in de 2^e geldstroom het kleinst (zie Tabel A.9). Opsplitsing van 1^e en 3^e geldstroom naar

⁹ Bij de geldstromen gaat het bijvoorbeeld over overheveling van onderzoeksgelden van de 1e geldstroom naar NWO 2e geldstroom (EZ, 2002b; VNO-NCW e.a., 2003), over matching (de eis dat onderzoek in de 2e of 3e geldstroom mede wordt ondersteund door middelen uit de 1e geldstroom), en directe wisselwerking met het bedrijfsleven en stimulering van universitair ondernemerschap via contractonderzoek. Verder is er bijvoorbeeld het plan om de drie technische universiteiten samen te voegen en daarbij voor elke universiteit speerpunten voor onderzoek vast te stellen.

¹⁰ Het onderwijsgedeelte wordt hier niet meegenomen. De berekening van R&D-specialisatie is deels gebaseerd op gegevens over hoogleraren en universitair docenten in vakgroepen (zie Appendix B). Hierbij is aangenomen dat een hoogleraar of universitair docent onderwijs geeft op hetzelfde gebied als waar hij of zij onderzoek doet.

specialisatie is niet mogelijk, omdat gegevens over R&D-arbeidsjaren naar technologiegebieden ontbreken. Voor het specialisatiepatroon van onderzoek in de 1^e en 3^e geldstroom *samen* geldt nog sterker dan wat voor het algemene universitaire patroon is beschreven (Figuur 2.4).

Figuur 2.4 Relatieve specialisatie universiteiten naar geldstroom (bedrijven = +/-1), 1999-2002



Mogelijk komt het specialisatiepatroon van het contractonderzoek in de 3^e geldstroom voor een belangrijk deel overeen met het algemene universitaire specialisatiepatroon. Een ruwe onderbouwing hiervan is de verdeling van wetenschappelijk personeel in de 3^e geldstroom over HOOP-gebieden (zie Tabel A.9).¹¹ Opvallend is dat er in vergelijking met 1^e en 2^e geldstroom relatief veel personeel ingezet wordt voor de HOOP-gebieden gezondheid en landbouw. Nemen we deze cijfers als indicatie voor het R&D-specialisatiepatroon van contractonderzoek, dan lijkt deze te passen bij de algemene universitaire specialisatie in medische en farmaceutische technologie en life sciences.¹²

De bèta-gerichte 2^e geldstroom van NWO is in Figuur 2.4 opgesplitst naar de divisie STW (zie Box over STW) en overige NWO-divisies. Bij zowel STW als de overige divisies wordt relatief veel aandacht geschonken aan oppervlaktetechnologie in vergelijking met bedrijven. Verder zijn er vooral verschillen tussen STW en de overige divisies. STW investeert veel in biotechnologie en levensmiddelentechnologie. De overige NWO-divisies hebben een opvallende relatieve specialisatie in energie, delfstoffen en bouw.

¹¹ Het gaat hier wel om geaggregeerde personeelsinzet, en betreft zowel contractonderzoek als -onderwijs.

¹² Een kanttekening is dat veel opdrachten voor contractonderzoek uit de PNP-sector komen, dat sterk gefocust is op medische technologie (zie paragraaf 2.4). Het specialisatiepatroon van het contractonderzoek ten opzichte van *bedrijven* (een andere categorie opdrachtgevers) kan een minder hoge specialisatiefactor voor medisch onderzoek vertonen.

Technologiestichting STW

De Stichting voor de Technische Wetenschappen werd in 1981 opgericht. Sinds 1990 is de STW een zelfstandig onderdeel van het NWO, als de divisie Technische Wetenschappen. Het doel van STW is het bevorderen van technisch-wetenschappelijk onderzoek en toepassingen hiervan. Dit doet ze door onderzoeksprojecten te financieren met geld van het NWO en EZ. Aanvragen worden beoordeeld op wetenschappelijke kwaliteit en toepassingsmogelijkheden.

De projecten worden in principe aangevraagd en geleid door hoogleraren. Bij de projecten zijn 12 Nederlandse universiteiten betrokken, en de FOM-instituten, het CWI en enkele buiten-universitaire onderzoeksinstituten (zoals laboratoria in academische ziekenhuizen). Vaak worden er projectspecifieke gebruikerscommissies ingesteld, waarin toekomstige gebruikers van de nieuwe kennis (bedrijven, instituten of overheidsinstellingen) participeren. De commissies begeleiden het onderzoek en houden het gericht op toepassingen. De gebruikers kunnen het onderzoek meefinancieren wat hun recht kan geven op exclusieve voorkennis, en (octrooi-)contracten afsluiten om de kennis te commercialiseren.

Bron: www.stw.nl, augustus 2003

Conclusies

De onderzoeksactiviteiten van de 1^e en 3^e geldstroom zorgen samen voor de grote verschillen tussen de private en universitaire R&D-specialisatie in medische en farmaceutische technologie, bouw, ICT en proces- en fabricagetechnologie. De relatieve specialisatiefactor gaat in biotechnologie, transport en logistiek bij alle stromen dezelfde richting op. In oppervlaktetechnologie lijkt NWO (inclusief STW) een speciale rol te spelen.

Technisch, medisch of life sciences

De drie technische universiteiten, Wageningen en de acht algemene universiteiten verschillen onderling in relatieve specialisatie.¹³ De acht algemene universiteiten bepalen de hoge specialisatiefactor in medische en farmaceutische technologie (Figuur 2.5). Academisch medisch centra verbonden aan die universiteiten ontwikkelen onder meer nieuwe behandelmethoden en operatietechnieken. Bedrijven leggen zich echter vooral toe op ontwikkeling van geneesmiddelen (farmacie) en medische apparatuur. Binnen het technologiegebied 'medische en farmaceutische technologie' lijkt er dus een specifiek specialisatieverschil tussen bedrijf en wetenschap te bestaan.

Verder doen de algemene universiteiten ook veel biotechnologisch onderzoek, maar de universiteit van Wageningen is relatief sterker gespecialiseerd. Biotechnologisch bedrijfsresearch gebeurt grotendeels in chemie, voedingsmiddelen, handel en landbouw. Het lijkt erop dat het Wageningse universitair onderzoek relevant is voor deze bedrijfstakken, en dat veel van de nieuwe biotechnologische kennis bij de acht algemene universiteiten wordt gebruikt voor het medisch onderzoek in de ziekenhuizen.

¹³ De acht algemene universiteiten zijn Rotterdam, Maastricht, Leiden, Groningen, Nijmegen, Utrecht en de twee Amsterdamse universiteiten. Tilburg is niet meegenomen, want deze universiteit heeft geen bèta-gerichte faculteiten.

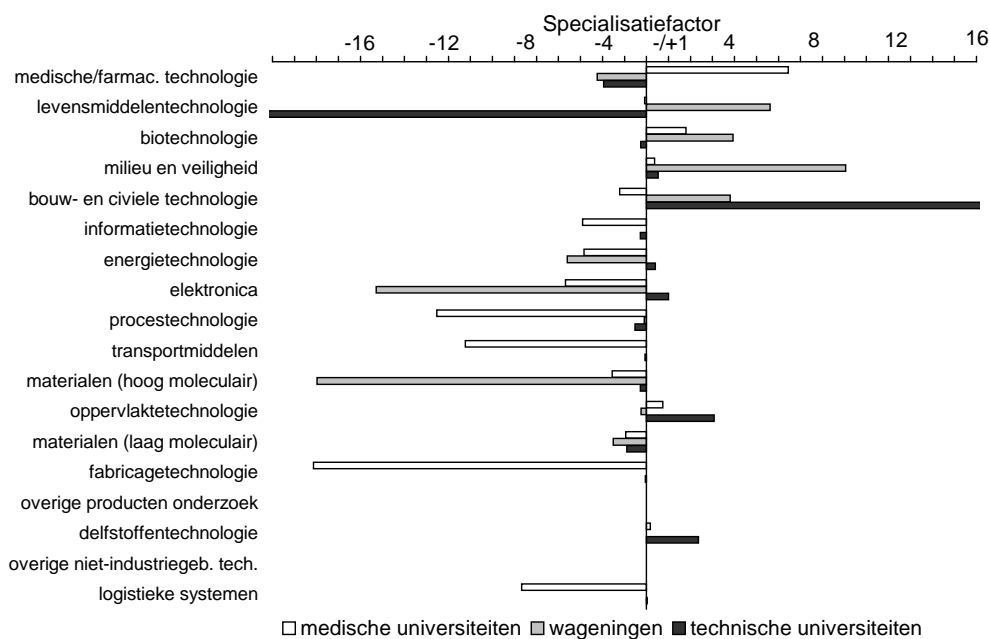
Wageningen is overigens gefocust op onderzoek in technologiegebieden die van belang zijn voor life sciences gerelateerd aan productie in de landbouw, voedselveiligheid en de leefomgeving: levensmiddelen-technologie, biotechnologie en milieu- en veiligheidstechnologie. Daarnaast is de relatieve specialisatiefactor in bouw- en civiele technologie ook vrij hoog. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan kennis over de leefomgeving, zoals landschapsontwikkeling. De relatieve specialisaties van Wageningen sluiten vrij dicht aan bij wat de researchinstellingen doen (zie paragraaf 2.4).

Het patroon van de technische universiteiten (zie ook de Box over deze universiteiten) lijkt nog het meest op dat van bedrijven, met uitzondering van bouw (zeer hoge positieve specialisatiefactor) en levensmiddelen-technologie (grote negatieve specialisatiefactor). In Delft wordt zeer veel civieltechnologisch onderzoek verricht. De algemene universitaire relatieve specialisatie in oppervlaktetechnologie komt van de technische universiteiten, met name Twente.

Conclusies

De relatief sterke focus van de universiteiten op medische en farmaceutische technologie komt van de acht algemene universiteiten waaraan academische ziekenhuizen zijn verbonden. Biotechnologisch onderzoek gebeurt voornamelijk op deze universiteiten, maar ook in Wageningen. Wageningen is relatief sterk gespecialiseerd op technologiegebieden van belang voor productie in de landbouw en de leefomgeving. Het R&D-specialisatiepatroon van de technische universiteiten benadert dat van bedrijven nog het meest, met uitzondering van bouwtechnologie (Delft) en oppervlaktetechnologie (Twente).

Figuur 2.5 Relatieve specialisatie universiteiten naar type (bedrijven = +/-1), 2003

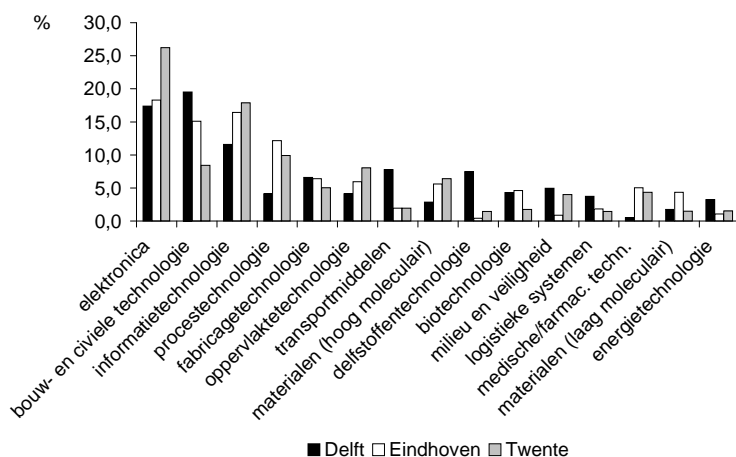


Kennis technische universiteiten sluit grotendeels aan bij specialisatie van bedrijven

De technische universiteiten zetten een groot deel van hun R&D-arbeidsjaren in elektronica, ICT, en proces- en fabricagetechnologie, wat voor een groot deel overeenkomt met het specialisatiepatroon van bedrijfsonderzoek (zie Figuur onder).^{a)} Uitschieters zijn echter bouw en oppervlaktetechnologie. Delfts onderzoek draagt het meeste bij aan de specialisatie in bouwtechnologie, en Twente is relatief sterk gespecialiseerd in oppervlaktetechnologie.

Dat het specialisatiepatroon van de TU's grotendeels overeenkomt met dat van het bedrijfsleven is interessant in het licht van plannen om de drie TU's samen te voegen en daarbij speerpunten vast te stellen in samenspraak met overheid en bedrijfsleven.^{b)}

Inzet R&D-arbeidsjaren bij technische universiteiten (in % van totaal per universiteit), 2003



a) In de Figuur zijn technologiegebieden gesorteerd naar afnemende omvang van R&D-arbeidsjaren bij de drie TU's samen. Verder zijn levensmiddelentechnologie, defensie, ruimtevaart, 'overige producten onderzoek', en 'overige niet-industriegebonden technologie' weggelaten, omdat er nauwelijks of geen onderzoeksinzet is op deze gebieden bij de technische universiteiten (zie Appendix A en B).

b) Financieel Dagblad, "Drie TU's stoten deel van onderzoek af", 9-3-2004.

Algemene conclusies over het universitaire R&D-specialisatiepatroon

De feiten over universitaire specialisatie tonen dat de universiteiten een aantal grote verschillen in specialisatie vertonen met het bedrijfsleven. De positieve relatieve specialisatie in medische en farmaceutische technologie en bouwtechnologie, en de negatieve relatieve specialisatie in ICT en proces- en fabricagetechnologie zijn te verklaren door de verdeling van onderzoek in de 1^e en 3^e geldstroom. Daarbij zorgen de acht algemene universiteiten voor de relatieve specialisatie in medische technologie, en de technische universiteiten voor de relatieve specialisatie in bouwtechnologie (vooral Delft). Verder wordt er veel biotechnologisch onderzoek verricht bij de acht algemene universiteiten en in Wageningen. Oppervlakte-technologie is een relatieve specialisatie van NWO (inclusief STW), en wordt vooral in Twente ontwikkeld.

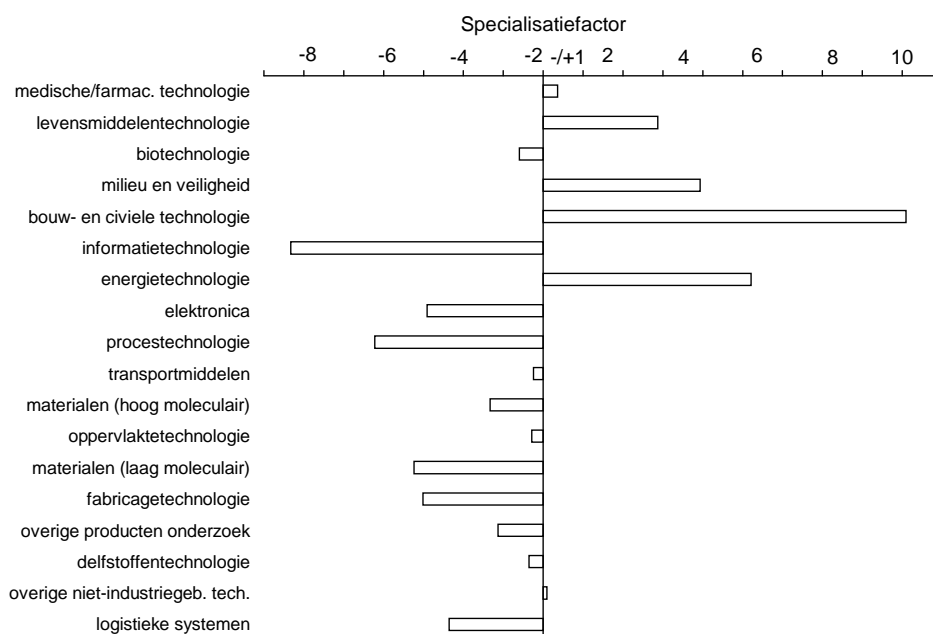
2.4 Relatieve specialisatie van researchinstellingen

Naast de universiteiten maken de researchinstellingen deel uit van de (semi-)publieke sector. Researchinstellingen worden soms als een intermediair beschouwd tussen universiteit en bedrijf, zoals TNO. Deze vertalen wetenschappelijke kennis in verschillende gebieden naar commerciële toepassingen, zodat bedrijven hiervan profijt hebben. Soms zijn het ook instellingen met een specifieke focus, zoals ECN. Aansluiting bij het bedrijfsleven ligt dan binnen deze focus. In deze paragraaf belichten we het R&D-specialisatiepatroon van de researchinstellingen als geheel en welke bijdrage individuele instellingen hieraan leveren. De instellingen blijken sterk gefocust te zijn op bepaalde technologiegebieden, namelijk levensmiddelen, milieu, energie en bouw. Hierbij speelt een klein aantal researchinstellingen een dominante rol.

De R&D-specialisatie van de researchinstellingen

De researchinstellingen als geheel zijn vergeleken met bedrijven gespecialiseerd in levensmiddelentechnologie, milieu en veiligheid, energie, en bouw- en civiele techniek (Figuur 2.6). Met name in bouw is de relatieve specialisatiefactor opvallend hoog, nog hoger dan bij de universiteiten (zie Figuur 2.3). In medische en farmaceutische technologie wordt vrij veel R&D verricht, maar de relatieve specialisatiefactor is hier niet hoog. Dit patroon laat zien dat de researchinstellingen hun stempel drukken op de algemene (semi-)publieke relatieve specialisatie in levensmiddelen, milieu, en energie, maar vooral in bouwtechnologie (zie Figuur 2.2).

Figuur 2.6 Relatieve specialisatie van researchinstellingen (bedrijven = +/-1), 1999



De relatieve inzet in ICT en proces- en fabricagetechnologie door de researchinstellingen is nog kleiner dan bij de universiteiten. Met name in ICT lijken de researchinstellingen nauwelijks een rol te spelen. De virtuele technologische topinstituten (TTI's) zijn niet in dit onderzoeksrapport meegenomen. Het Telematica-instituut is gericht op ICT-gerelateerd onderzoek. Telematica is echter net als de andere TTI's maar een klein onderdeel van de (semi-)publieke kennisinfrastructuur. Opvallend is dat elektronica en materialenonderzoek (denk aan het Dutch Polymer Institute, ook een TTI) in het algemene patroon ook niet zo'n grote rol spelen bij de instellingen als bij bedrijven.

Relatieve specialisatie gedomineerd door klein aantal instellingen

De relatieve specialisaties van de researchinstellingen worden bepaald door een klein aantal instituten. Bouw- en civiele technologie is een specialisatie van TNO (in Delft) en de GTI's (GeoDelft en WL-Delft). Maar zoals eerder beschreven is het ook een specialisatie van de technische universiteiten, met name Delft. Het technologiegebied wordt binnen de bedrijvensector gedomineerd door architecten- en ingenieursbureaus, verder is er ook onderzoek door bouwbedrijven en de metaalproductenindustrie. Maar in totaal doen bedrijven zeer weinig onderzoek in dit gebied in vergelijking met de (semi-)publieke instellingen.

Verder speelt DLO een substantiële rol bij levensmiddelen en milieu- en veiligheidstechnologie. De DLO-instituten vormen een cluster met de universiteit van Wageningen (zie Box over de specialisaties van individuele researchinstellingen). In energietechnologie bepaalt ECN het onderzoek in Nederland.

Wanneer wordt gekeken naar de aard van het onderzoek in deze vier relatieve specialisaties, blijkt dit grotendeels toepassingsgericht te zijn (zie Box over de aard van het onderzoek). Het onderzoek bij TNO, DLO en de GTI's is dan ook vooral toegepast onderzoek, waarvan veel in opdracht van bedrijven en overheden.

Conclusies

Samengevat blijkt uit de feiten in deze paragraaf dat het R&D-specialisatiepatroon van de researchinstellingen nog sterker verschilt van dat van bedrijven dan het universitaire specialisatiepatroon. De researchinstellingen zijn relatief sterk gefocust op levensmiddelen, milieu, energie maar vooral bouw. Verder doen zij relatief weinig aan ICT-onderzoek. Een beperkt aantal instituten draagt sterk bij aan het relatieve specialisatiepatroon van de researchinstellingen: DLO, TNO en de GTI's. Deze instellingen werken veel samen met vooral de universiteiten van Wageningen en Delft.

Researchinstellingen voor life sciences, milieu, energie en infrastructuur

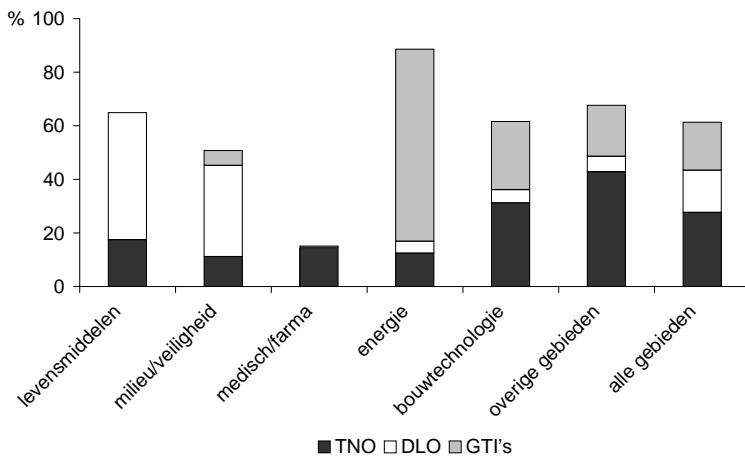
De verdeling van de onderzoeksinzet tussen individuele researchinstellingen laat zien dat het specialisatiepatroon door een klein aantal instellingen gedomineerd wordt. De onderstaande figuur toont de verdeling van R&D-arbeidsjaren voor de vijf grootste technologiegebieden bij de researchinstellingen (afgezien van defensie).^{a)} Ruim 60% van de R&D-arbeidsjaren bij de researchinstellingen zitten bij TNO, DLO en de GTI's.

De DLO-instituten maken deel uit van een cluster rond de universiteit van Wageningen.^{b)} Nederland heeft van oudsher een comparatief voordeel in landbouw (en daarmee voedingsmiddelen) dankzij klimaat en bodem. Deze positie is benut en verder ontwikkeld door bedrijven als Avebe en Unilever, en versterkt met onderzoek door onder meer de universiteit van Wageningen. Het DLO-onderzoek in milieu- en veiligheidstechnologie (voedselveiligheid en milieueffecten) hangt samen met het landbouwkundig onderzoek (voedselproductie).

Medisch en farmaceutisch onderzoek wordt vooral door de KNAW-instituten en de PNP-sector gedaan. Energieonderzoek door met name ECN neemt 40% van de R&D-arbeidsjaren bij de GTI's in beslag. Bouw- en civiele technologie zit vooral bij GeoDelft en WL-Delft, en TNO. Zij werken samen met vooral de universiteit van Delft.

TNO en de NWO-instituten lijken een aparte plaats in te nemen in die zin dat hun specialisatiepatroon wat gelijkmatiger is. Zij lijken 'van alle markten' thuis te zijn, met TNO als praktijkgerichte instelling en de NWO-instituten meer gericht op fundamenteel wetenschappelijk onderzoek. NWO is wel een kleine speler tussen de researchinstellingen, terwijl TNO relatief groot is, vooral in bouw- en civiele technologie.

Verdeling R&D-arbeidsjaren bij researchinstellingen per technologiegebied (%), 1999



^{a)} Defensie neemt bijna 10% van de R&D-arbeidsjaren in 1999 bij de researchinstellingen in beslag (Tabel A.6). Van deze R&D-arbeidsjaren in defensieonderzoek is bijna 60% TNO-personeel, 25% werkt bij de GTI's, en bij de NWO-instituten zit 7%.

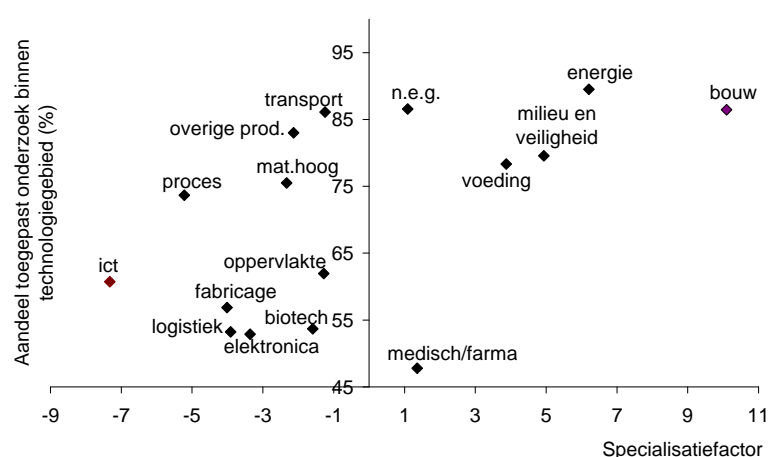
^{b)} De benaming 'DLO' is eigenlijk niet gangbaar meer. De instituten presenteren zich tegenwoordig als onderdeel van het Wageningen University and Research Centre (WUR), waarvan departementen van de universiteit van Wageningen ook deel uitmaken. Sommige instituten hebben zich bovendien opnieuw gegroepeerd, zoals in de Animal Sciences Group (ASG), met hierin de voormalige instituten ID-Lelystad, RIVO en Praktijkonderzoek Veehouderij.

Specialisaties van researchinstellingen zijn grotendeels toepassingsgericht

Het onderzoek op de technologiegebieden waarop de researchinstellingen gespecialiseerd zijn is vooral toepassingsgericht. De researchinstellingen worden soms beschouwd als intermediair tussen universiteit en bedrijf. Zij zouden fundamentele wetenschappelijke kennis (soms op maar één gebied) moeten vertalen naar praktische toepassingen voor bedrijven. Het lijkt erop dat dit ook gebeurt, omdat het aandeel van het toepassingsgerichte onderzoek in de meeste specialisaties (levensmiddelen, milieu, bouw en energie) hoog is (zie Figuur onder). Dit is dankzij de sterk marktgerichte DLO-instituten, TNO en de GTI's.

Een uitzondering is medische en farmaceutische technologie. Hier ligt het aandeel van het fundamentele onderzoek hoog, door het onderzoek van KNAW-instituten en de PNP-sector. In het algemeen wordt in de technologiegebieden waar de researchinstellingen minder R&D-arbeidsjaren inzetten relatief meer fundamenteel onderzoek verricht. Uitzonderingen zijn de sterk toepassingsgerichte gebieden procestechologie en hoogmoleculaire materialen.

Aandeel toegepast onderzoek afgezet tegen specialisatiefactor van de researchinstellingen, 1999



2.5 Conclusies

Uit de gepresenteerde feiten over R&D-specialisaties van bedrijven en (semi-)publieke instellingen in de Nederlandse bèta-gerichte onderzoeksmarkt blijkt dat het R&D-specialisatiepatroon van de (semi-)publieke kennisinstellingen meer verschilt dan overeenkomt met die van het bedrijfsleven:

- De (semi-)publieke kennisinstellingen zijn in vergelijking met het bedrijfsleven vooral gespecialiseerd in technologiegebieden die van belang zijn voor de medische zorg, life sciences, fysieke infrastructuur, milieu en energie.
 - De universiteiten, maar vooral researchinstellingen zijn relatief sterk gespecialiseerd in bouw- en civiele technologie

- De universiteiten nemen daarnaast vooral medische en farmaceutische technologie voor hun rekening, en ook biotechnologie en oppervlaktetechnologie
- De researchinstellingen zijn relatief sterk gespecialiseerd in levensmiddelentechnologie, milieu en energie
- Bedrijven zetten hun onderzoekers vooral in op technologiegebieden die leiden tot verbetering van bedrijfsprocessen, met name in ICT en fabricage- en procestechnologie.
- Opvallend is dat bijna eenderde van de R&D-arbeidsjaren in het bètagerecht onderzoek in Nederland in 1999 werd ingezet in medische en farmaceutische technologie en in ICT. In het eerste gebied spelen universiteiten de hoofdrol, bij ICT voeren de bedrijven de boventoon.
- Fundamenteel onderzoek vindt vooral bij de universiteiten plaats, en hun relatieve specialisaties zijn ook sterk fundamenteel van aard. De gebieden waarop researchinstellingen relatief sterk gespecialiseerd zijn, zijn grotendeels toepassingsgericht.
- De specialisatiepatronen verschillen duidelijk per geldstroom, universiteit en researchinstelling.
 - De onderzoeksactiviteiten van de 1^e en 3^e geldstroom samen zorgen voor de grootste verschillen: medisch en bouw, en ICT en proces- en fabricagetechnologie.
 - Een beperkt aantal spelers draagt sterk bij aan het specialisatiepatroon van de researchinstellingen: DLO, TNO en de GTI's. Zij werken samen met vooral de universiteiten van Delft en Wageningen.

Deze bevindingen over de R&D-specialisatiepatronen van bedrijven en (semi-)publieke kennisinstellingen roepen een aantal vragen op. Ten eerste, zijn er ook grote publiek-private R&D-specialisatieverschillen in andere landen? Of wijkt de Nederlandse situatie af? Een tweede vraag is hoe de verschillen en overeenkomsten tussen publieke en private R&D-specialisatiepatronen beoordeeld kunnen worden. Paragraaf 3 en 4 gaan in op deze twee vragen.

3 Internationale verschillen in R&D-specialisatie

Wijkt de Nederlandse situatie af van wat er in het buitenland gebeurt? Op basis van geaggregeerde gegevens blijkt dat de publieke R&D-sector in andere landen relatief zwaar inzet op dezelfde technologiegebieden als de Nederlandse publieke R&D-sector.

3.1 Specialisatieverschillen op vijf technologiegebieden

Ons zijn geen andere studies bekend die publiek en privaat onderzoek op een vergelijkbare manier als in dit rapport analyseren. Overigens domineert bèta-gericht onderzoek ook in het buitenland (zie Box). Wel kunnen we op een meer geaggregeerd niveau een indicatie geven in hoeverre de Nederlandse relatieve publieke specialisatie verschilt van andere OESO-landen. Voor een vijftal technologiegebieden berekenden we ruwe relatieve specialisatiefactoren voor een aantal landen: medische en farmaceutische technologie, ICT, bouw, biotechnologie en levensmiddelentechnologie.

Deze berekeningen zijn gebaseerd op geaggregeerde gegevens over wetenschappelijke publicaties naar discipline en R&D-uitgaven per bedrijfstak. Hierbij is aangenomen dat wetenschappelijke publicaties de R&D-activiteiten door de publieke sector vertegenwoordigen en de R&D-uitgaven de R&D-activiteiten van het bedrijfsleven. Voor elk van de vijf technologiegebieden zijn de meest relevant geachte wetenschapsdisciplines en bedrijfstakken geselecteerd (zie Appendix B.5). Per gebied is het aandeel van de relevante disciplines in het totaal van publicaties is afgezet tegen het aandeel van de relevante bedrijfstakken in de totale R&D-uitgaven (zie Tabel A.11), om de relatieve specialisatiefactor voor dat gebied te berekenen. Dit is voor acht Europese landen gedaan, inclusief Nederland.

De uitkomsten zijn samengevat in Tabel 3.1. Benadrukt moet worden dat de onderliggende cijfers sterk geaggregeerd zijn, zodat voorzichtigheid is geboden bij de interpretatie van deze uitkomsten. Alternatieve metingen (zie de Boxen over medisch onderzoek en ICT-onderzoek) bieden echter wel enige ondersteuning voor de gepresenteerde cijfers in Tabel 3.1.

Uit de cijfers in Tabel 3.1 blijkt dat er internationale verschillen zijn in de mate van relatieve specialisatie van de publieke sector, maar meestal komt de richting van de relatieve specialisatie overeen.

Dominantie van bèta-gericht onderzoek

Bruto nationale R&D-uitgaven van OESO-landen uitgesplitst naar natuur- en technische wetenschappen en de sociale wetenschappen laten zien dat:

- Nagenoeg alle R&D door bedrijven bèta-gericht is, en
- Het aandeel van bèta-gericht onderzoek in de R&D door hoger onderwijsinstellingen (zoals universiteiten) hoog is, zo'n driekwart in 1999 (zie Figuur onder).

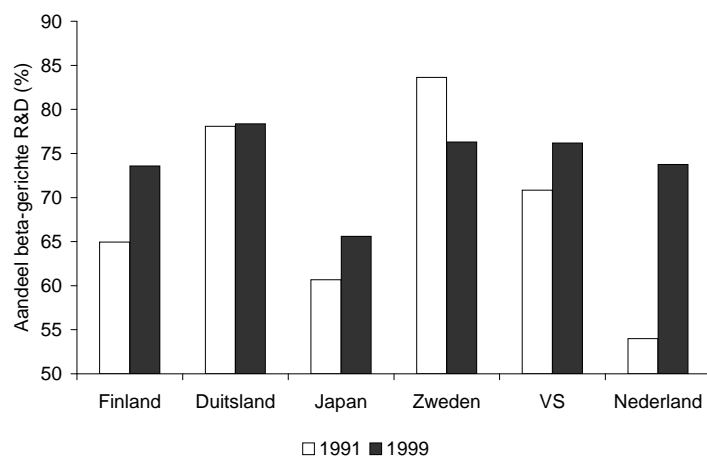
Kortom, bèta-gericht onderzoek domineert in meerdere landen. Door universiteiten wordt er regelmatig op gewezen dat de publieke kennisinstellingen de 'taak' hebben om ook alfa- en gamma-kennis te genereren, die niet door het bedrijfsleven wordt ontwikkeld.^{a)} Aan de andere kant is er een internationale trend naar relatief meer bèta-gericht onderzoek, ook bij Nederlandse hoger onderwijsinstellingen tussen 1991 en 1999 (zie Figuur). Dan valt het op dat in 2000 het aandeel van bèta-gericht onderzoek bij de Nederlandse hogeronderwijsinstellingen naar 68% zakt, terwijl bijvoorbeeld in Finland en Japan het aandeel gelijk blijft ten opzichte van 1999.

Er zijn verschillende verklaringen mogelijk voor de dominantie van bèta-gericht onderzoek ten opzichte van alfa- en gamma-gebieden. Er is wel een meetprobleem: alfa- en gamma-kennis zijn moeilijker te meten. Denk aan bijvoorbeeld consultancy- en adviesbureaus die adviseren over onder andere managementbeleid en inrichting van werkplekken. Hun R&D-inspanningen zijn nauwelijks meetbaar. Daarnaast is R&D maar een deel van datgene wat onder de bredere noemer 'innovatie' valt.^{b)} Juist alfa- en gamma-kennis zit vooral bij de zachtere innovatie-uitgaven.

Economische verklaringen voor de dominantie van bèta-gerichte R&D kunnen zowel in de kosten als baten van R&D zitten:

- De kosten van bèta-onderzoek zijn relatief hoog. Veel kennis in alfa- en gammawetenschappen wordt ontwikkeld met behulp van human capital. Daar bestaan kosten vooral uit salarissen van personeel. In de bètagebieden moet daarnaast ook geïnvesteerd worden in kapitaal, bijvoorbeeld relatief dure machines en gebouwen voor laboratoria en installaties. R&D-uitgaven per R&D-werknemer zijn dan ook hoger voor bèta-onderzoek (Tabel A.2).
- De baten van bèta-onderzoek zijn relatief hoog, zodat er ook sneller meer in wordt geïnvesteerd. Bijvoorbeeld het maatschappelijk rendement op medisch onderzoek blijkt erg hoog te zijn volgens recent Amerikaans onderzoek.^{c)} Met andere woorden, de sociale en private rendementen op bèta-gerichte R&D zijn groter dan rendementen op alfa- en gammagerichte R&D.

Aandeel bèta-gerichte gebieden in onderzoek bij hoger onderwijsinstellingen, 1991-1999



Bron: OESO (2003a), Tabel 18 (HERD by field of science)

^{a)} De VSNU meent dat alfa- en gamma-gebieden in de verdrinking komen door teveel beleidsfocus op bèta, techniek en medisch (Delta nr.39, "Universiteiten bang voor Haagse nadruk op bèta-onderzoek", 18-12-2003, TU Delft).

^{b)} CBS, Kennis en Economie 2001, p.14, punt 18.

^{c)} Zie www.laskerfoundation.org/about/ffreports.html.

Tabel 3.1 Relatieve 'specialisatiefactor' van de publieke sector in vijf technologiegebieden, 1995-1999: een internationale vergelijking

	Medische technologie	Informatie-technologie	Bouwtechnologie	Biotechnologie	Levensmiddelen-technologie
VK	2,8	- 1,7	.	1,2	1,3
Duitsland	8,6	- 1,6	6,2	2,1	2,8
Frankrijk	4,3	- 1,7	2,5	1,6	- 1,1
België	3,5	- 1,9	1,2	1,1	1,4
Finland	.	- 4,7	2,8	3,8	2,4
Zweden	4,2	- 3,1	.	2,2	3,7
Japan	8,9	- 2,5	.	2,2	1,3
Nederland	6,4	- 2,7	1,2	1,4	-1,8

Bron: Appendix B.5 en Tabel A.11. Bewerking door CPB.

3.2 Conclusies

We concluderen (met enige slagen om de arm) het volgende:

- De internationale verschillen in de *mate* van de relatieve specialisatie worden voornamelijk veroorzaakt door internationale verschillen in omvang van de R&D-activiteiten in bedrijfstakken. De buitenlandse wetenschap zet daarentegen relatief zwaar in op dezelfde gebieden als Nederland (zie ook Tabel A.11).
- De internationale overeenkomsten in het *richting* van de relatieve specialisatie suggereert dat de relatieve publieke R&D-specialisaties in het buitenland en in Nederland zijn gebaseerd op dezelfde argumenten. In ieder land doet bijvoorbeeld de publieke sector in vergelijking met het bedrijfsleven relatief veel aan medisch onderzoek en relatief weinig aan ICT-gerelateerd onderzoek.

Deze internationale overeenkomst in de relatieve publieke R&D-specialisatiepatronen impliceert echter niet dat Nederland daarom het buitenlandse patroon zou moeten volgen. Het is niet op voorhand duidelijk of de publieke sector in het buitenland de juiste argumenten hanteert voor de verdeling van de publieke R&D over technologiegebieden. Zelfs al zou de buitenlandse publieke sector haar R&D-specialisatie kunnen onderbouwen, dan nog hoeft de Nederlandse publieke sector niet dezelfde argumenten voor de verdeling van de publieke R&D te hanteren. Bijvoorbeeld comparatieve voordelen van de Nederlandse bedrijfs-R&D worden misschien niet benut als de Nederlandse publieke R&D-sector in dezelfde technologiegebieden actief is als het buitenland. Dit leidt tot de volgende vraag: welke overwegingen kunnen een rol spelen bij de beoordeling van overeenkomsten en verschillen in R&D-specialisatiepatronen tussen wetenschap en bedrijfsleven? Deze analyse komt aan de orde in de volgende paragraaf.

Alternatieve meting I : universitaire specialisatie in medisch onderzoek lijkt internationaal gezien niet zo groot

Deze Box presenteert een alternatieve meting van internationale verschillen in relatieve specialisatie van de publieke sector in het technologiegebied 'medische en farmaceutische technologie', ter vergelijking met de cijfers in Tabel 3.1.

Medisch en farmaceutisch onderzoek aan hoger onderwijsinstellingen valt onder het wetenschapsgebied 'gezondheid'. Dit gebied vormt 38% van de R&D-uitgaven door Nederlandse hoger-onderwijsinstellingen in 1999 (Tabel E.1). In de VS is dit 31%. Het aandeel van de farmaceutische industrie in de totale bedrijfs-R&D-uitgaven in Nederland is 10%. In het Verenigd Koninkrijk ligt dit aandeel twee keer zo hoog, en in de VS is het 7%.

Berekenen we een ruwe 'specialisatiefactor' op basis van deze cijfers, dan lijkt Nederland internationaal gezien nog niet eens zoveel publiek medisch en farmaceutisch onderzoek te doen in vergelijking met bedrijven. Het publiek-private specialisatieverschil in medisch en farmaceutisch onderzoek is in sommige andere landen veel groter, zoals in Duitsland en Japan.

R&D-uitgaven 'gezondheid' door hoger onderwijs en R&D-uitgaven door farmaceutische industrie, 1999

	Aandeel gebied 'gezondheid' in totale onderzoek door hoger onderwijsinstellingen (a)	Aandeel farmaceutische industrie in totale bedrijfsonderzoek (b)	'Specialisatiefactor' (a)/(b)
Verenigde Staten	31	7	4,4
Verenigd Koninkrijk	.	22	.
Duitsland	32	6	5,3
Frankrijk	.	13	.
België	.	17	.
Finland	32	.	.
Zweden	36	16	2,3
Japan	38	7	5,4
Nederland	38	10	3,8

Bron: OESO (2003a), Tabel 13 en 18.

Alternatieve meting II : publieke specialisatie in ICT-onderzoek internationaal gezien waarschijnlijk relatief klein

Deze Box presenteert een alternatieve meting van internationale verschillen in relatieve specialisatie van de publieke sector voor het technologiegebied 'informatietechnologie', ter vergelijking met de cijfers in Tabel 3.1.

Cijfers over aantallen wetenschappelijke publicaties door onderzoekers in zowel de publieke als private sector tonen dat het aandeel van ICT-gerelateerde publicaties (computers en telecom) in de totale bèta-gerichte publicatieoutput voor Nederland laag ligt in vergelijking met veel andere landen (Tabel E.2). Vooral de VS en het Verenigd Koninkrijk publiceren vrij veel in ICT-gebieden.

Nederland zit met de private R&D-uitgaven in ICT-gerelateerde bedrijfstakken (elektrotechnische industrie en computerservice) als aandeel van de totale bedrijfs-R&D in de middenmoot. Het lijkt er op dat dit vooral te danken is aan de ICT-activiteiten van bedrijven als Philips. Opvallend (maar niet verrassend) is het aandeel van de elektrotechnische sector in Finland (Nokia) en Japan, en het hoge aandeel van de ICT in diensten in de VS en Verenigd Koninkrijk. Vooral in de VS zijn veel computerservicebedrijven actief.

ICT-publicaties ten opzichte van de ICT-gerelateerde bedrijfs-R&D geeft enige indicatie van de internationale positie van Nederlands ICT-onderzoek. In alle landen in de onderstaande tabel is de private sector relatief sterk gespecialiseerd in ICT. Maar de mate van specialisatie verschilt. Een grote telecom- en computerservice-tak (zoals in de VS en het Verenigd Koninkrijk) lijkt samen te hangen met een groot aandeel van ICT-publicaties; terwijl een grote elektrotechnische industrie (zoals in Finland en Japan) de ICT-specialisatie van de private sector versterkt. De relatief kleine omvang van het Nederlands ICT-onderzoek gemeten in wetenschappelijke publicaties zou kunnen samenhangen met de relatief kleine omvang van de telecom- en computerservice-tak in Nederland.

Indicatoren voor een internationale vergelijking van publieke R&D-specialisatie in ICT zijn er niet. De onderstaande cijfers suggereren echter dat de publieke relatieve specialisatiefactor van Nederland in ICT internationaal gezien relatief laag zou kunnen zijn.

ICT-gerelateerde wetenschappelijke publicaties en bedrijfs-R&D-uitgaven, 1999-2000

	Aandeel ICT-publicaties in totaal bèta-gerichte wetenschappelijke publicaties (%), 2000		Aandeel in R&D-uitgaven totale bedrijfssector (%), 1999			Totaal 'ICT'- bedrijven (f)=(d)+(e)	'Specialisatie- factor' - [(f)/(c)]
	Computers (a)	Telecom (b)	Totaal 'ICT'- publicaties (c)=(a)+(b)	Elektro- technische industrie (d)	Telecom ^a & computer- service (e)		
Verenigde Staten	4,7	0,5	5,2	25	11	36	- 6,9
Verenigd Koninkrijk	4,3	0,5	4,8	16	11	27	- 5,6
Duitsland	3,1	0,3	3,4	21	4	25	- 7,4
Frankrijk	3,4	0,4	3,8	24	6	30	- 7,9
België	.	.	.	19	7	26	.
Finland	3,4	0,4	3,8	54	8	62	- 16,3
Zweden	3,2	0,3	3,5	29	7	36	- 10,3
Japan	2,8	0,5	3,3	39	7	46	- 13,9
Nederland	3,1	0,3	3,4	31	5	36	- 10,6

Bron: Publicaties: EZ, 2002a, p.25; R&D-uitgaven: OESO, 2003a, Tabel 13.

^{a)} Telecom is in feite "transport en opslag, inclusief telecom".

4 Een denkkader voor publieke R&D-specialisatie

De empirische studie naar publieke en private R&D-specialisatiepatronen in Nederland tonen dat er meer verschillen dan overeenkomsten zijn. Ook in het buitenland lijkt dit het geval te zijn. De vraag rijst welke overwegingen er zijn om deze specialisatieverschillen te beoordelen. In dit hoofdstuk presenteren we een denkkader voor publieke R&D-specialisatie. Binnen dit denkkader wordt marktfalen als beoordelingscriterium gehanteerd. Uit dit criterium volgen tenminste drie overwegingen die betrokken kunnen worden bij het beoordelen van overeenkomsten en verschillen in de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven (paragraaf 4.1). Er blijkt echter te weinig empirische kennis te zijn om tot een daadwerkelijke beoordeling te komen. Tenminste een deel van deze kennis is alsnog te krijgen door middel van een analyse van kenmerken van technologiegebieden (paragraaf 4.2). We sluiten af in paragraaf 4.3 met enkele beleidsopties.

4.1 Marktfalen als basis voor publieke R&D-specialisatie

Welke overwegingen kunnen betrokken worden bij de beoordeling van overeenkomsten en verschillen in de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven?

Als leidraad hanteren we marktfalen als beoordelingscriterium. Economen zeggen dat de markt faalt als private partijen zoals bedrijven door het marktmechanisme niet of niet voldoende geprikkeld worden tot acties die leiden tot een maatschappelijk gewenste uitkomst. Het private R&D-rendement wijkt dan af van het sociale R&D-rendement. Op basis van de empirie nemen we aan dat sociale rendementen op R&D in het algemeen hoger liggen dan de private R&D-rendementen (Canton, 2002). Naarmate de afwijking tussen het private en sociale rendement relatief groter is in een bepaald technologiegebied, zal de overheid meer willen investeren in het betreffende gebied om te corrigeren voor dit marktfalen. Anders gezegd, marktfalen legitimeert de publieke financiering en aansturing van de onderzoeksagenda van de (semi-) publieke kennisinstellingen door de overheid.

R&D door (semi-)publieke kennisinstellingen: andere kennisbeleidsinstrumenten blijven buiten beschouwing

In deze analyse ligt de focus op (investeringen in) publieke R&D-activiteit bij universiteiten en researchinstellingen. In welke technologiegebieden is de publieke R&D-sector zelf actief, ofwel wat is de onderzoeksagenda van de (semi-) publieke sector? Wat kunnen de argumenten zijn voor de prioriteiten in het publieke onderzoek? We laten andere kennisbeleidsinstrumenten buiten beschouwing die invloed kunnen uitoefenen op kennisontwikkeling en kennisbenutting, zoals R&D-subsidies en fiscale faciliteiten voor bedrijven, aanbesteding of regulering. Ook beschouwen we andere soorten beleid (zoals marktwerking) als gegeven.

Uit marktfalen als beoordelingscriterium volgen tenminste¹⁴ drie overwegingen die een rol spelen bij de beoordeling van de overeenkomsten en verschillen in R&D-specialisatiepatronen tussen wetenschap en bedrijfsleven:

1. De potenties voor publiek-private wisselwerking in R&D
2. Kennisontwikkeling ten bate van publieke taken
3. Verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis

We lichten deze drie overwegingen toe in het navolgende. Een grafische illustratie van de overwegingen wordt in een Box gepresenteerd op pagina 50.

1. De potenties voor publiek-private wisselwerking in R&D

Voor zover wetenschappelijk onderzoek en bedrijfsonderzoek elkaar versterken, bevordert aansluiting van de wetenschappelijke onderzoeksagenda op die van het bedrijfsleven de potentiële kennisuitwisseling en daarmee het innovatievermogen van de economie.

Publieke en private R&D zijn tot op zekere hoogte complementair, in die zin dat publieke R&D de private R&D-activiteit kan verhogen (en omgekeerd). Deze zogenaamde strategische complementariteiten treden op omdat de verwachtingen van de private sector over het private R&D-rendement hoger worden als gevolg van de publieke activiteit (en omgekeerd). Publiek onderzoek kan bijvoorbeeld leiden tot een verlaagd onderzoeksrisico voor bedrijven, lagere private investeringskosten of een vergrote kans op succes in private onderzoek in hetzelfde gebied, bijvoorbeeld in waterstoftechnologie.

De mogelijkheden voor wisselwerking tussen publieke en private R&D worden groter naarmate de specialisatiepatronen meer overeenkomen. De publieke R&D kan dan voortbouwen op de bestaande kennisvoorraad en bewezen sterktes in het bedrijfsleven. Daarnaast zal er bij een relatief grote private R&D-activiteit hoogstwaarschijnlijk ook veel stilzwijgende kennis aanwezig zijn, die benut wordt in wisselwerking met de publieke R&D-sector. De omvang van de strategische complementariteiten bepaalt de mate waarin de publieke R&D aansluit bij de private R&D.

¹⁴ We pretenderen niet een volledig overzicht van economische overwegingen te presenteren. De genoemde drie overwegingen spelen evenwel een cruciale rol.

Wisselwerking binnen technologiegebieden

Bij de definitie van wisselwerking zoals gehanteerd in dit rapport zijn twee aannames gemaakt:

- We veronderstellen dat er *binnen* een technologiegebied altijd een publiek-private 'specialisatieverschil' zal bestaan, alleen is dit verschil eerder gradueel. Publieke R&D is gemiddeld genomen meer fundamenteel van aard, en private R&D meer toepassingsgericht. Een te sterke overeenkomst in onderzoeksactiviteit zou kunnen leiden tot crowding out.
- We veronderstellen dat strategische complementariteiten tussen publieke en private R&D *binnen* een technologiegebied optreden. Het is denkbaar dat publieke R&D in een bepaald technologiegebied (zoals biotechnologie) leidt tot verhoogde private R&D-activiteit in een ander technologiegebied (zoals voedingsmiddelen-technologie). We stellen hier echter dat om publieke kennis van biotechnologie te kunnen begrijpen en toe te passen, bedrijven in eerste instantie meer onderzoek gaan doen in biotechnologie om hun absorptiecapaciteit te vergroten (conform 'the two faces of R&D', Cohen en Levinthal, 1989). Pas in tweede instantie passen bedrijven deze kennis eventueel toe op een ander technologiegebied.

We wijzen er tenslotte op dat binnen de internationaal gebruikelijke classificatie van de technologiegebieden zoals die ook in dit rapport wordt gehanteerd, er technologiegebieden zijn die zeer breed zijn gedefinieerd, en technologiegebieden die smal zijn gedefinieerd. Met name op de breed gedefinieerde gebieden is de kans aanwezig dat publiek en privaat op heel verschillende subgebieden actief zijn.

2. Kennisontwikkeling ten bate van publieke taken

Bedrijven produceren relatief weinig op het terrein van publieke taken, zoals gezondheidszorg, veiligheid en fysieke infrastructuur, en mogelijk ook milieu. Omdat sommige productmarkten falen, neemt de overheid de taak op zich om de voorziening van goederen op deze markten te garanderen. Dit kan zij doen door collectieve productie (zoals de gezondheidszorg) of door het afdwingen van productie door bedrijven via regelgeving (zoals milieu).

Als goederen niet worden geproduceerd door de private sector of private productie afgedwongen moet worden, is het denkbaar dat de bijbehorende benodigde kennisontwikkeling ook niet zal plaatsvinden in de private sector of vanuit maatschappelijk oogpunt te beperkt zal zijn. Nieuwe technologie kan de uitvoering van productie van deze goederen echter verbeteren. Dat kan verklaren waarom de wetenschap relatief actief is op deze terreinen.

Dat bedrijven niet (goed) inspringen op kennisontwikkeling op deze terreinen, kan verschillende oorzaken hebben. Het prikkelmechanisme van een sector als de gezondheidszorg verschilt van die van een markt voor elektrotechnische apparatuur. In de gezondheidszorg vormt bijvoorbeeld een ziekenhuisbudget of de reputatie van een ziekenhuis een prikkel, terwijl in de markt voor elektrotechnische apparatuur het winstmotief leidt tot aansluiting tussen vraag en aanbod. De coördinatieproblemen tussen collectieve vraag en private aanbod van kennis kunnen soms relatief groot zijn. Ook is het denkbaar dat de overheid om puur politieke redenen

de regie wil houden over de kennisontwikkeling benodigd voor bepaalde collectieve goederen, zoals defensie.

Maar hoewel deze taakverdeling tussen bedrijven en wetenschap in onderzoek in de praktijk blijkt te bestaan, impliceert een publieke taak niet noodzakelijkerwijs dat de benodigde technologie ook binnen de publieke kennisinfrastructuur moet worden ontwikkeld. Uitbesteding van kennisontwikkeling aan bedrijven is mogelijk.

Dat de wetenschap in vergelijking met het bedrijfsleven ook internationaal relatief actief is op deze terreinen, laat zich overigens eveneens met deze overweging verklaren.

3. Verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis

Als bedrijven op sommige technologiegebieden relatief zwakke prikkels tot R&D ervaren en daardoor te weinig investeren vanuit maatschappelijk oogpunt, dan is een relatief grote publieke R&D-inzet op deze gebieden legitiem.

Externe effecten van kennis treden op door het publiek-goed-karakter van kennis. Kennis heeft de eigenschap dat het niet-rivaliserend is: gebruik van bepaalde kennis door de één zal het aanbod van diezelfde kennis voor de ander niet doen dalen. Soms is kennis niet-uitsluitbaar (zoals de resultaten van universitair fundamenteel onderzoek in wetenschappelijke publicaties), en soms uitsluitbaar (zoals gepatenteerde kennis). Wanneer nieuwe kennis niet-rivaliserend en niet-uitsluitbaar is, lekt deze kennis gemakkelijk weg. Andere bedrijven kunnen dan zonder investeringskosten gebruik maken van deze kennis.

Het is waarschijnlijk dat de externe effecten van kennis verschillen tussen technologiegebieden. Technologieën verschillen immers in aard, complexiteit, ontwikkelingsfase en nut. Daardoor zijn er verschillen in ondermeer toe-eigenbaarheid, risico, en schaalvoordelen. Een voorbeeld is biotechnologisch onderzoek. Dit vormt riskant onderzoek maar ook een doorbraaktechnologie met vele toepassingsmogelijkheden, waarvan de uitkomsten moeilijk toe-eigenbaar zijn.

Als op bepaalde technologiegebieden grote externe effecten van kennis zijn zullen bedrijven te weinig investeren in R&D deze gebieden. Bedrijven kunnen zich dan opbrengsten uit R&D moeilijker toe-eigenen dan in andere gebieden omdat nieuwe kennis uit hun onderzoek relatief gemakkelijk weglekt. Er zijn ook andere typen marktfalen dan kennisspillovers die kunnen leiden tot onderinvestering in R&D in bepaalde technologiegebieden, zoals risico-aversie en kapitaalmarktimperfections (zie Box). De overheid zet vooral in op gebieden waar de externe effecten van kennis relatief groot zijn.

Externe effecten van kennis

In de markt voor R&D kunnen externaliteiten optreden waardoor bedrijven vanuit maatschappelijk oogpunt gezien te weinig of te veel in R&D investeren (zie ook Cornet, 2001, p.8)

Te weinig, door kennis-, rent- of netwerkspillovers of risico-aversie.

- Kennisspillovers: leren van en voortbouwen op andermans kennis.
- Rentspillovers: de marktmacht van de innovator schiet tekort om het gehele surplus naar zich toe te trekken.
- Netwerkspillovers: complementariteit met andere kennis. Bijvoorbeeld een doorbraak uit basis- of fundamentele R&D levert soms duizenden nieuwe toepassingen op. Het rendement hiervan kan de uitvinder zich niet of moeilijk toe-eigenen.
- Risico-aversie: Bedrijven investeren te weinig doordat zij uitkomsten van onderzoek als te onzeker en weinig concreet inschatten in verhouding tot de investeringskosten.

Te veel, door een business stealing effect of innovatieraces.

- Business stealing: nieuwe producten maken oude producten overbodig. De kans om een 'winnende' technologie te ontwikkelen die de hele bestaande markt wegvaagt leidt tot overinvestering.
- Innovatieraces: een 'ratrace' kan leiden tot onnodige duplicatie van onderzoek.

Tot externaliteiten in kennis worden ook internationale spillovers gerekend. Als potentiële spillovers naar andere agenten in de nationale economie groot zijn, zal de overheid relatief meer publieke R&D willen inzetten om deze spillovers te realiseren. Als *internationale* spillovers groot zijn, heeft de overheid soms minder reden om relatief veel publieke R&D in te zetten. Bijvoorbeeld kennis 'van de plank kopen' in het buitenland kan soms goedkoper zijn dan zelf ontwikkelen. Er zijn echter ook redenen waarom de overheid niet volledig gratis kan 'meeliften' op kennisontwikkeling in het buitenland (zie Box over internationale spillovers in paragraaf 4.2).

Een grafische illustratie van publieke R&D-specialisatie op basis van marktfalen

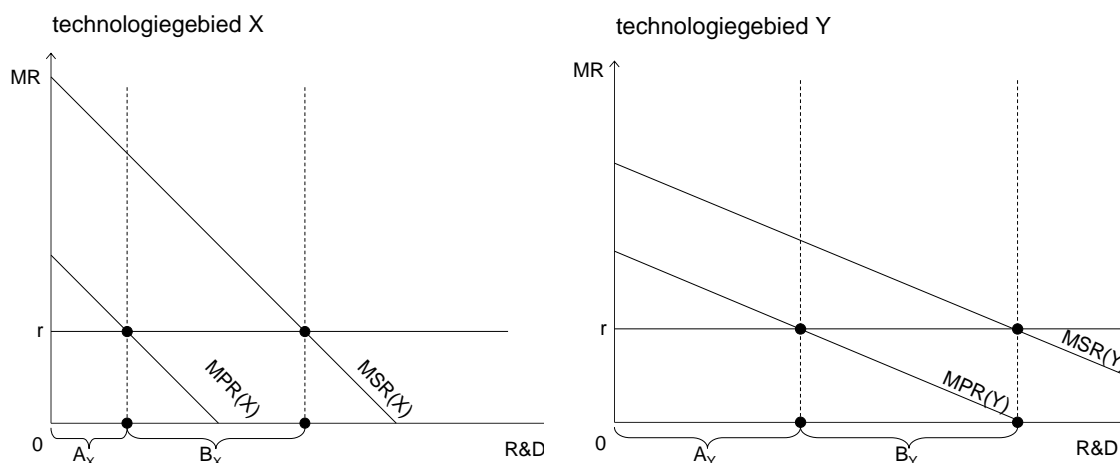
Stel er zijn twee technologiegebieden X en Y. Stel vervolgens dat de overheid meent dat er marktfalen in kennis (externe effecten van kennis) of productie (met als gevolg te weinig kennisontwikkeling ten bate van publieke taken) optreedt in deze twee gebieden X en Y. Ze bepaalt het sociale rendement op R&D in de twee gebieden X en Y. Het maatschappelijke optimum voor R&D-investeringen ligt daar waar het marginale sociale rendement (MSR) gelijk is aan de marginale kosten, hier de marktrente r (Figuur hieronder).^{a)} Verder weet de overheid wat het marginale private rendement (MPR) is voor deze gebieden, en daarmee ook hoeveel private R&D wordt gedaan. De overheid voegt publieke R&D toe aan deze (gegeven) private investeringen tot het sociale rendement gegeven de marktrente r is bereikt.

De verhouding tussen de publieke en private investeringen in R&D in de gebieden X en Y, respectievelijk $(B_X : A_X)$ en $(B_Y : A_Y)$, wordt bepaald door de omvang van het marktfalen in elk van de gebieden. Als het marktfalen in gebied X groter is dan in gebied Y, dan zal de overheid geneigd zijn relatief meer te investeren dan het bedrijfsleven in X dan in Y. Noteer dat in de Figuur geldt dat $(B_X : A_X) > (B_Y : A_Y)$. De publieke sector is in vergelijking met de private sector sterker gespecialiseerd in X dan in Y. Met andere woorden, er is een R&D-specialisatieverschil met de private sector.

Deze allocatie van publieke R&D over gebieden X en Y is bereikt met marktfalen als beoordelingscriterium. Hier ging het om kennisontwikkeling ten bate van publieke taken en verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis. De allocatie is gebaseerd op een afwijking tussen sociale en private rendementen in de technologiegebieden X en Y en de investeringsverhoudingen $(B_X : A_X)$ en $(B_Y : A_Y)$ gegeven de marktrente. Dit leidt tot een bepaald R&D-specialisatieverschil met de private sector.

Stel nu dat er strategische complementariteiten zijn tussen publieke en private R&D. In de Figuur zijn strategische complementariteiten weer te geven door een *verschuiving* van de rendementscurven. Wanneer bijvoorbeeld publieke R&D in technologiegebied X leidt tot extra private R&D-inzet in dit gebied, verschuift de private rendementscurve naar boven. De stijging in private R&D in X betekent dat A_X stijgt, zodat B_X daalt (ceteris paribus).^{b)} Dit betekent dat de verhouding $(B_X : A_X)$ daalt, en dus dat $(B_X : A_X) / (B_Y : A_Y)$ daalt. Gegeven de oorspronkelijke situatie dat $(B_X : A_X) > (B_Y : A_Y)$, zal dit complementariteitseffect tot gevolg hebben dat het specialisatieverschil tussen publieke en private R&D kleiner wordt.

Verskil in marktfalen tussen twee technologiegebieden



a) Hier fungeert de marktrente als restrictie, maar dit is analoog aan een budgetrestrictie.

b) Hierbij nemen we aan dat de stijging in private R&D-rendement in technologiegebied X verder geen gevolgen heeft voor de sociale rendementscurve in X of voor rendementen in technologiegebied Y.

Te weinig empirische kennis voor een daadwerkelijke beoordeling

Wat zijn de uitkomsten van een beoordeling van publiek-private R&D-specialisatieverschillen op basis van de drie overwegingen? De allocatie van publieke R&D (en daarmee het verschil met het private R&D-specialisatiepatroon) is gebaseerd op een afweging tussen (tenminste) deze drie overwegingen:

1. Als bedrijven als motor voor innovatie worden gezien, zou de publieke R&D zoveel mogelijk kunnen proberen aan te sluiten bij het R&D-specialisatiepatroon van de private sector. Dan zijn de potenties voor wisselwerking tussen publieke en private R&D ofwel de kans op strategische complementariteiten groot. Deze overweging leidt op zich tot een klein publiek-private R&D-specialisatieverschil.
2. Er wordt relatief veel publieke R&D ingezet in bepaalde technologiegebieden voor kennisontwikkeling ten bate van publieke taken. Welke gebieden dit zijn, is logischerwijs af te leiden uit de aard van de goederen (zie Box). Dit kan verklaren waarom de publieke R&D-sector relatief zwaar inzet op deze gebieden in vergelijking met het bedrijfsleven. Deze overweging doet overigens niets af aan het feit dat het mogelijk is dat de overheid deze kennisontwikkeling (deels) kan uitbesteden aan het bedrijfsleven.
3. Op die technologiegebieden waar marktfalen als gevolg van externe effecten relatief groot is, is relatief veel publieke R&D-inzet legitiem. De omvang van deze externe effecten hangt af van de kenmerken van een technologiegebied.

Kennisontwikkeling ten bate van publieke taken: in welke technologiegebieden?

Sommige technologiegebieden zijn relatief gemakkelijk te verbinden aan kennis voor uitvoering van publieke taken: medische en farmaceutische technologie, energie en bouw. Voor een aantal andere gebieden geldt dat dit maar gedeeltelijk opgaat. Voedselveiligheid (levensmiddelentechnologie) en milieubescherming zijn een overheidsthema, evenals de consequenties van genetisch onderzoek (biotechnologie) en ICT-toepassingen. Delfstoffentechnologie en logistiek hebben indirect welvaartsimplicaties via ontwikkeling van de leefomgeving. Hierbij nemen we steeds aan dat bedrijven relatief weinig aan R&D doen in deze gebieden, waardoor de kennisontwikkeling niet of nauwelijks in de private markt tot stand komt.

Of de huidige publieke onderzoeksagenda vanuit maatschappelijk perspectief juist is of aanpassing behoeft, kan met deze overwegingen niet zonder meer worden vastgesteld. Twee redenen hiervoor zitten besloten in het bovenstaande:

1. Er is te weinig empirische kennis over 1) het belang van publiek-private R&D-wisselwerking voor innovatie, 2) het welvaartseffect van kennisontwikkeling ten bate van publieke taken en 3) het welvaartseffect van stimulering van technologiegebieden waar externe effecten van kennis relatief groot zijn. Daardoor is het niet mogelijk om het onderlinge gewicht van de drie overwegingen te bepalen.

2. Het is niet op voorhand duidelijk in welke gebieden de externe effecten van kennis relatief groot zijn (de derde overweging). Hiervoor is empirische kennis nodig van de omvang van deze spillovers. Precieze kennis ontbreekt echter. Wel lijkt het mogelijk een kwalitatieve analyse van kenmerken van technologiegebieden te maken en hiermee gevoel te krijgen voor verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van kennisspillovers.

De volgende paragraaf licht toe wat zo'n analyse van kenmerken van technologiegebieden inhoudt.

4.2 Een analyse van kenmerken van technologiegebieden

Om gevoel te krijgen voor verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis, kan een kwalitatieve analyse van kenmerken van technologiegebieden een aanknopingspunt bieden. Bepaalde kenmerken kunnen namelijk de kans vergroten dat externe effecten van kennis groot zijn. In deze paragraaf presenteren we een tentatief voorbeeld van zo'n analyse.

Welke kenmerken leiden tot grote externe effecten van kennis?

Het is niet op voorhand duidelijk in hoeverre technologiegebieden verschillen in de omvang van externe effecten van kennis, ofwel hoe groot de afwijking is tussen het private en sociale R&D-rendement als gevolg van deze externe effecten. Het is ook niet waarschijnlijk dat we die kennis voldoende nauwkeurig kunnen verkrijgen. Kan er zonder precieze kennis van private rendementen op R&D toch iets gezegd worden over verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis?

Een analyse van kenmerken van technologiegebieden kan hier een aanknopingspunt bieden. Bepaalde kenmerken van technologiegebieden kunnen namelijk de kans vergroten (en daarmee leiden tot legitimatie van relatief grote publieke R&D-inzet) dat bijvoorbeeld:

- Kennis-, rent- en netwerkspillovers groot zijn,
- Internationale spillovers beperkt zijn,
- En het business stealing effect relatief klein is.

Een nadere toelichting op deze overwegingen volgt later in deze paragraaf. Voorbeelden van dergelijke kenmerken zijn samengevat in de Box op de volgende pagina. Wanneer een technologiegebied sterk gekenschetst wordt door zulke kenmerken, lijkt op dat gebied de omvang van de externe effecten van kennis relatief groot te zijn.

Welke kenmerken van een technologiegebied leiden tot grote externe effecten van kennis?

Er zijn kenmerken voor technologiegebieden die leiden tot grote externe effecten van kennis. Het belang van een kenmerk verschilt naar technologiegebied, en een combinatie van kenmerken kan meer of minder gewicht geven aan een technologiegebied ten opzichte van andere technologiegebieden. Deze kenmerken zijn ieder op zich noch noodzakelijk, noch voldoende. Ook is overlap tussen de kenmerken mogelijk. Een aantal kenmerken wordt hieronder opgesomd, al is deze lijst niet uitputtend:

Kennisspillovers zijn waarschijnlijk relatief groot als:

- Technologische voorsprong vanwege de R&D niet lang verdedigbaar is omdat de leercurve steil is en de time-to-market kort is;
- Geheimhouding van de (proces)innovatie moeilijk is;
- Naarmate de onderzoeksmarkt voor het technologiegebied transparanter is;
- Efficiënt gebruik wordt gemaakt van management- en organisatietechnieken en ICT;
- Innovatie verscheidene toepassingsmogelijkheden heeft die door andere partijen gevonden en gecommmercialiseerd worden;
- Onderzoek leidt tot meerdere oplossingsrichtingen of een 'proof of concept' oplevert dat meerdere toepassingsmogelijkheden heeft;
- De R&D een doorbraaktechnologie oplevert, een geheel nieuw veld van onderzoek opent en/of een geheel nieuw gebied van toepassingen.

Rentspillovers zijn waarschijnlijk relatief groot als:

- De productmarkt van het technologiegebied zeer competitief is;
- De innovatie moeilijk te beschermen is met patenten of copyrights.

Netwerkspillovers zijn waarschijnlijk relatief groot als:

- Innovatie een standaard oplevert voor een markt gekarakteriseerd door netwerkexternaliteiten

Internationale spillovers zijn waarschijnlijk relatief klein als:

- Kennis uit het buitenland niet aangepast kan worden aan de landenspecifieke omstandigheden;
- Er geen absorptiecapaciteit of kennisbasis is in eigen land om zich buitenlandse kennis eigen te maken;
- Het eigen onderzoek internationaal vooroploopt.

Het business stealing effect is waarschijnlijk relatief klein als:

- Innovatie niet of nauwelijks in de plaats komt van bestaande technologieën die reeds door andere partijen geëxploiteerd worden;
- De R&D een doorbraaktechnologie oplevert, een geheel nieuw veld van onderzoek opent en/of een geheel nieuw gebied van toepassingen.

Andere kenmerken, zoals een verhoogde risico-aversie van bedrijven, een lage kans op duplicatie van onderzoek, en kapitaalmarktimperfecties kunnen eveneens een grote inzet van publieke R&D legitimeren.

Gedeeltelijk gebaseerd op Jaffe (1996), zie ook Cornet (2001).

Een tentatief voorbeeld

We presenteren nu een voorbeeld van hoe kenmerken van technologiegebieden geanalyseerd kunnen worden. Door zo'n analyse kan een gewicht toegekend worden aan technologiegebieden. Deze gewichten bepalen de verdeling van publieke R&D over technologiegebieden op basis van het overweging van externe effecten van kennis. We hebben in Tabel 4.1 een aantal gewichten toegekend op basis van ons bekende informatie over de kenmerken van technologiegebieden. Een relatief groot gewicht (gesymboliseerd door een plusteken) voor een gebied is een argument om in dat gebied relatief veel publieke R&D in te zetten omdat daar externe effecten van kennis waarschijnlijk relatief groot zijn.

We maken een voorbehoud over onze toekenning van gewichten, want

- We bezitten niet voldoende informatie over de kenmerken van verschillende technologiegebieden, en het verzamelen van deze informatie valt buiten het bestek van dit rapport;
- We hebben ons beperkt tot de potentiële effecten van (extra) publieke R&D, en doen geen uitspraken over eventuele problemen bij de realisatie van deze potenties;
- Ons referentiekader kan verschillen van die van de Nederlandse overheid.

Tabel 4.1 is niet volledig ingevuld. De intentie eerder is om te laten zien hoe een analyse van kenmerken van technologiegebieden een aanknopingspunt kan vormen voor een beoordeling op basis van externe effecten van kennis. Hoe verschillen de gewichten van kenmerken tussen gebieden? Welke gebieden springen eruit en waarom? We bespreken kort de argumenten voor publieke R&D-inzet.

Kennis-, rent- en netwerkpillovers

Er zijn een aantal technologiegebieden die verondersteld worden veel kennispillovers op te leveren. Biotechnologie, materiaaltechnologie en oppervlaktetechnologie hebben veel toepassingsmogelijkheden. Het is niet echt duidelijk of proces- en fabricagetechnologie werkelijk bedrijfsgebonden zijn (toe-eigenbaarheid is groot) of dat er toch grote kennispillovers kunnen zijn bij bijvoorbeeld scheidingstechnologie. De genoemde gebieden zijn soms dezelfde gebieden waar ook de potenties voor wisselwerking groot kunnen zijn. Farmacie, biotechnologie, bepaalde chemische disciplines (zoals materialenonderzoek), elektronica en landbouw horen hierbij (Nelson en Romer, 1996, p.19; Rosenberg, 1994, pp.147-149). In deze gebieden kan inzet van publieke R&D relatief sterk doorwerken op het private R&D-gedrag, omdat fundamenteel en toegepast onderzoek dicht bij elkaar liggen, en er doorbraaktechnologieën worden ontwikkeld. Verder zijn rentpillovers waarschijnlijk vrij groot in elektronica en ICT. In de elektrotechnische industrie is een enorme internationale concurrentie blijkend uit spectaculaire prijsdalingen. Tenslotte is het patenteren van software vrij moeilijk, en kan er vaak goedkoop worden gekopieerd of gedownload.

Tabel 4.1 Een tentatief voorbeeld van het toekennen van gewichten aan technologiegebieden^a

	Kennis-, rent- en netwerk-spillovers	Internationale spillovers	Business stealing effect
Medisch/farmaceutisch Levensmiddelen	+	–	
Biotechnologie Milieu en veiligheid	+	–	
Bouw en civiel		+	+
Informatietechnologie	+	–	–
Energietechnologie Elektronica	+	–	–
Procestechnologie	0/+		
Transportmiddelen Materialen (hoog mol.)	+		
Oppervlaktetechnologie	+		
Materialen (laag mol.)	+		
Fabricagetechnologie	0/+		
Delfstoffen			
Logistiek		+	+

a) De toekenning van gewichten aan technologiegebieden is tentatief. Toelichting op de invulling van de tabel:

- Een '+' kent een relatief groot gewicht toe om op basis van het argument relatief veel publieke R&D in te zetten, ceteris paribus andere beleidsinstrumenten (octrooien, marktordening etc.).
- Een '-' pleit juist tegen relatief veel publieke R&D-inzet.
- Een '0' is een indicatie dat er geen opvallende redenen zijn om een zwaar gewicht toe te kennen.

Benadrukt moet worden dat het hier gaat om relatief gewicht, en dat een '0' niet betekent dat hier absoluut gezien weinig publieke R&D ingezet zou moeten worden. Ook zijn de gewichten toegekend op basis van ons bekende informatie of argumenten. Er zijn geen gewichten toegekend in de cellen waarover we geen informatie hebben. Tenslotte wijzen we erop dat we geen uitspraken doen over hoe kenmerken gewicht krijgen in de beleidspraktijk.

Niet opgenomen technologiegebieden zijn: overige producten onderzoek, overige niet-industriegebonden technologie, ruimtevaart en defensie.

Internationale spillovers

In hoeverre kan de kleine, open Nederlandse economie profiteren van kennis ontwikkeld in het buitenland (zie Box)? Wanneer internationale spillovers groot zijn, kan buitenlandse kennis 'van de plank' toegepast worden. Een relatief grote publieke R&D-inzet in Nederland zelf kan dan soms geen efficiënte oplossing zijn. Hierbij is dan geen rekening gehouden met het opbouwen van de benodigde absorptiecapaciteit via eigen R&D. Voorbeelden zijn spillovers in medische en farmaceutische technologie, biotechnologie, ICT en elektronica. Maar soms moeten er technologieën ontwikkeld worden die specifiek Nederlandse problemen oplossen. Een voorbeeld is technologie voor de fysieke infrastructuur, zoals de bouw van waterwegen, dijken, polders en distributienetwerken. Hier zijn internationale spillovers waarschijnlijk relatief beperkt.

Zijn internationale spillovers groot of klein?

Grote internationale spillovers in een technologiegebied geven nationale overheden een prikkel om te profiteren van buitenlandse onderzoeksresultaten, en zelf weinig publieke R&D in te zetten. Maar zijn internationale spillovers groot of klein? Er zijn een aantal factoren waardoor internationale spillovers groot of klein kunnen zijn:

- Kleine economie: Nederland is een kleine economie, en de wereld is groot: er is veel te leren van het buitenland. Met name multinationale bedrijven kunnen zelf kennis uit het buitenland halen of kopen. Dit kan een argument zijn voor de Nederlandse overheid om deze kennis niet te ontwikkelen via publieke R&D in Nederland zelf.
- Comparatieve voordelen: In een geïntegreerde wereldeconomie specialiseren nationale economieën zich in bepaalde technologiegebieden om comparatieve voordelen op te bouwen. Als een economie relatief veel aan R&D doet in een bepaald gebied vergeleken met andere landen, zijn internationale spillovers beperkt. Technologische vooruitgang zal dan vooral uit eigen R&D moeten komen. Publieke R&D kan dan soms een steun zijn.
- Afstand: Geografische afstand speelt nog steeds een belangrijke rol bij kennisspillovers (Branstetter, 1998). Dit is omdat 'tacit' kennistransfer uiteindelijk de doorslag geeft bij R&D, meer dan 'codified' kennistransfer (kennis vastgelegd in boeken, artikelen, blauwdrukken, patenten etc.). Tacit kennis zit in de hoofden van mensen. Persoonlijke contacten zijn cruciaal bij de overdracht van deze kennis, en hier gaat afstand een rol spelen. Hoe belangrijker de tacit kennistransfer is, hoe kleiner de internationale spillovers zijn. Overigens kunnen multinationale ondernemingen een kanaal vormen om tacit kennis goedkoop over grote afstanden te transporteren.
- Kennis benodigd voor specifiek Nederlandse problemen: Soms zijn er specifiek Nederlandse problemen waarvoor specifieke kennis moet worden ontwikkeld die niet of nauwelijks vanuit het buitenland beschikbaar is. Een voorbeeld kan de fysieke infrastructuur zijn, zoals de bouw van waterwegen, dijken, polders en distributienetwerken en ruimtelijke inrichting op een klein oppervlak.

Deze argumenten geven aan dat Nederland als kleine, open economie niet volledig gratis kan meeliften ('free riding') op kennis uit het buitenland.^{a)} Er is eigen R&D nodig om comparatieve voordelen op te bouwen, tacit kennistransfer te bevorderen en specifiek Nederlandse problemen op te lossen. Daarnaast wordt met eigen R&D ook absorptiecapaciteit opgebouwd om kennis van elders te kunnen begrijpen en absorberen (cf. Cohen en Levinthal, 1989). Het is moeilijk om precieze uitspraken naar technologiegebieden te doen, omdat nauwkeurige schattingen van de omvang van internationale spillovers per technologiegebied ontbreken.

^{a)} 'Free riding' door nationale overheden leidt overigens tot meer internationale beleidscoördinatie, zoals in de EU-Kaderprogramma's. Dit vangt de negatieve gevolgen van free-rider gedrag van verschillende nationale overheden op.

Business stealing effect

Een business stealing effect treedt op als een nieuwe innovatie bestaande technologieën van de markt verdringt. De kans hierop is groot in zich snel ontwikkelende, nieuwe technologieën zoals audio-, video- en communicatietechnologie (gsm/umts, video/dvd, displays). Bij bouwtechnologie en logistiek lijkt het gevaar van business stealing veel minder aanwezig te zijn.

Conclusies

Het blijkt grosso modo mogelijk te zijn een analyse van kenmerken van technologiegebieden te maken op basis van externe effecten van kennis. Dit ondanks dat er geen kennis is over de precieze sociale en private R&D-rendementen op de diverse technologiegebieden. Bepaalde kenmerken van technologiegebieden kunnen de kans vergroten externe effecten van kennis groot zijn. Wanneer deze kenmerken in kaart worden gebracht, lijkt het mogelijk te beoordelen waar een relatief grote inzet van de publieke R&D gelegitimeerd is op basis van de overweging van externe effecten van kennis.

4.3 Beleidsopties

Kort samengevat is de lijn van dit rapport als volgt. De empirische studie naar publieke en private R&D-specialisatiepatronen in Nederland toont dat deze sterk verschillen. We zetten vervolgens een denkkader op met marktfalen als criterium om deze specialisatieverschillen te beoordelen. Uit dit kader vloeien tenminste drie overwegingen voort die een rol spelen bij deze beoordeling: potenties voor publiek-private samenwerking in R&D, kennisontwikkeling ten bate van publieke taken en verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis. Er blijkt echter te weinig empirische kennis te zijn over de onderlinge gewichten van de drie overwegingen, en over de verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van de externe effecten van kennis. Een analyse van kenmerken van technologiegebieden lijkt wel mogelijk te zijn om gevoel te krijgen voor verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis.

Wat zijn nu de mogelijke beleidsopties? We schetsen er twee. Uiteraard dienen de kansen geschetst in deze opties afgewogen te worden tegen de risico's op overheidsfalen (zie Boxen op de volgende bladzijden).

Optie 1: Verzamel empirie over wanneer externe effecten van kennis groot zijn

Een eerste stap naar een daadwerkelijke beoordeling van de verschillen tussen de publieke en private onderzoeksagenda's zou zijn dat er een empirische analyse van kenmerken van technologiegebieden wordt verricht, zodat meer duidelijkheid is over waar de externe effecten van kennis waarschijnlijk relatief groot zijn. Er zijn al beleidsstudies verricht waarbij al dan niet impliciet criteria worden gehanteerd die kans op groot marktfalen als gevolg van externe effecten van kennis aantonen. Studies over gebieden als ICT, nanotechnologie en scheidingstechnologie proberen aan te tonen of en waar het verwachte sociale rendement hoog lijkt te zijn (zonder dit rendement te kwantificeren).¹⁵ Een ander voorbeeld is de beoordeling van projecten in het kader van de Bsik (zie CPB, 2003). In deze studies wordt beargumenteerd in welke projecten of technologiegebieden een groot potentieel tot kennisoverlovers zit. Een

¹⁵ Zie bijvoorbeeld www.verkenningen.ez.nl.

systematische, integrale studie die verschillen tussen technologiegebieden analyseert lijkt niet echter niet te zijn gemaakt. Een dergelijke studie zou de beleidsmaker additionele informatie kunnen bieden over de kenmerken die aanwijzingen geven voor relatief grote externe effecten.

Optie 2: Weeg de impact van de drie overwegingen op welvaart

De tweede stap naar beoordeling van publiek-private R&D-specialisatieverschillen zou de afweging van de drie overwegingen zijn. De welvaartseffecten van de verschillende overwegingen zijn echter moeilijk in kaart te brengen. Wel biedt het onderhavige rapport een denkkader waaruit blijkt dat niet alleen wisselwerking tussen bedrijven en wetenschap, maar nog een aantal andere overwegingen een overweging vormen bij de beleidsbeslissing over de verdeling van publieke R&D-activiteit ten opzichte van het private R&D-specialisatiepatroon.

Overheidsfalen in de beleidspraktijk

In de dagelijkse beleidspraktijk krijgt de overheid te maken met overheidsfalen wanneer ze een beslissing neemt over de inzet van publieke R&D-middelen op verschillende technologiegebieden. De overheid krijgt te maken met imperfecte informatie en niet-neutraliteit, waardoor de effectiviteit beleid minder is dan gewenst:

De overheid heeft imperfecte informatie over:

- Sociale en private rendementen op technologiegebieden
- Additionaliteit: dit kan onder meer leiden tot crowding out van private R&D als gevolg van inzet van publieke R&D.

De overheid is niet neutraal met als mogelijke gevolgen:

- Lobbying door bedrijven en kennisinstellingen
- Het historische element speelt een grote rol in de toekenning van R&D-middelen. Een voorbeeld is de allocatie van publieke middelen voor universitair onderzoek, dat voor een groot deel historisch bepaald is en waarvan de voortzetting nauwelijks gemotiveerd lijkt te zijn (Pomp e.a., 2003)
- De onderzoeksmarkt raakt versnipperd doordat overheidsbeleid niet consistent of transparant is.

Zie ook OESO (1991 en 2003b).

Complementariteiten of crowding out van private R&D door publiek fundamenteel onderzoek?

Fundamenteel onderzoek heeft een relatief hoog risicoprofiel (onzekerheid over de uitkomsten) en de (vaak abstracte) resultaten ervan zijn slecht internaliseerbaar.^{a)} Daardoor is de markt niet altijd bereid (veel) te investeren in dergelijk onderzoek: het verwachte private rendement ligt te laag op korte termijn. In dit geval zijn publieke middelen nodig om het onderzoek uit te voeren, mits het verwachte sociale rendement hoog genoeg is. Voorbeelden zijn onderzoek in de theoretische natuurkunde, genomenonderzoek en waterstoftechnologie. Verwachtingen over het rendement op fundamenteel onderzoek kan ertoe leiden dat er crowding out- of complementariteitseffecten op private R&D optreden als er publieke R&D in fundamenteel onderzoek wordt ingezet.

Crowding out van private R&D treedt bijvoorbeeld op als:

- Bedrijven niet investeren in fundamenteel onderzoek omdat publieke instellingen deze investeringen toch gaan doen
- Bedrijven anticiperen op de openbaarmaking van de resultaten van publieke R&D, waartoe iedereen toegang zal hebben (en hierdoor zelf investeren niet lonend zou zijn)

Complementariteiten komen tot stand als:

- De publieke R&D ingezet wordt op nieuwe technologiegebieden, waardoor bedrijven gemotiveerd worden om te investeren in R&D in vergelijkbare gebieden, anticiperend op positieve resultaten uit publiek onderzoek
- Publieke R&D wordt ingezet op gebieden die voor een bedrijf van belang zijn, want om de publieke onderzoeksresultaten te kunnen begrijpen en absorberen moet het bedrijf zelf ook aan R&D op die gebieden doen ('the two faces of R&D')^{b)}
- Bedrijven exclusief toegang krijgen tot de resultaten van publiek onderzoek, waardoor zelf investeren in (eventueel verwante) onderzoeksgebieden lonend kan zijn.

Er zijn econometrische studies die het effect van publieke R&D op private R&D proberen te meten. Het beeld dat hieruit voortkomt, is vrij ambivalent over dit effect (David en Hall, 2000; David e.a., 2000). Enige indicaties zijn nog wel:

- Een beperkt aantal bedrijfstakken, zoals farmacie, profiteren van publiek fundamenteel onderzoek (Cohen e.a., 2002, Toole, 2001).
- Er kan crowding out optreden als verhoging van publieke R&D-uitgaven vooral gespendeerd wordt aan verhoging van salarissen van onderzoekspersoneel, doordat het R&D-arbeidsaanbod inelastisch is (Goolsbee, 1998).

^{a)} Merk op dat de grens tussen fundamenteel en toegepast onderzoek in de praktijk zeer vaag is. Publiek onderzoek is ook niet synoniem aan fundamenteel onderzoek. Beter is de discussie te richten op het totaal van publiek onderzoek, dus het hele scala van puur wetenschappelijk onderzoek tot contractonderzoek gericht op oplossing van praktijkproblemen bij bedrijven.

^{b)} Cohen en Levinthal (1989).

5 Conclusies

In dit rapport stonden twee vragen centraal:

1. Hoe zien de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven in Nederland er uit, en welke overeenkomsten en verschillen zijn er tussen deze onderzoeksagenda's?
2. Op basis van welke overwegingen kunnen de gevonden overeenkomsten en verschillen beoordeeld worden?

De eerste vraag is beantwoord door middel van een empirische studie. Deze studie toont aan dat de bèta-gerichte onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven sterk verschillen. In vergelijking met het bedrijfsleven zijn universiteiten en researchinstellingen vooral actief in medische technologie en bouw- en civieltechnologisch onderzoek. De wetenschap is ook relatief sterk gespecialiseerd in biotechnologie, levensmiddelentechnologie, milieu- en veiligheidsonderzoek, en energietechnologie. Het bedrijfsleven focust in vergelijking met de wetenschap vooral op technologieën die het bedrijfsproces verbeteren, met name ICT en proces- en fabricagetechnologie.

Een tweede empirische bevinding is dat ook in het buitenland de onderzoeksagenda's van wetenschap en bedrijfsleven sterk verschillen. Vijf technologiegebieden waar de buitenlandse wetenschap relatief zwaar op inzet in vergelijking met het bedrijfsleven, kennen in Nederland ook relatief veel publieke R&D-activiteit.

Voor de beantwoording van de tweede vraag is een denkkader ontwikkeld waarin marktfalen als beoordelingscriterium wordt gehanteerd. Hieruit volgen tenminste drie overwegingen die een rol spelen bij de beoordeling van de overeenkomsten en verschillen in R&D-specialisatiepatronen tussen wetenschap en bedrijfsleven:

1. De potenties voor publiek-private wisselwerking in R&D.
Voor zover wetenschappelijk onderzoek en bedrijfsonderzoek elkaar versterken, bevordert aansluiting van de wetenschappelijke onderzoeksagenda op die van het bedrijfsleven de potentiële kennisuitwisseling en daarmee het innovatievermogen van de Nederlandse economie. Verkleining van de verschillen in onderzoeksagenda kan dan positief werken.
2. Kennisontwikkeling ten bate van publieke taken
Bedrijven produceren relatief weinig op het terrein van publieke taken, zoals gezondheidszorg, veiligheid en fysieke infrastructuur. Het is denkbaar dat zij daarom ook relatief minder actief zijn in de kennisontwikkeling die hiervoor nodig is. Nieuwe technologie kan de uitvoering van productie van goederen ten behoeve van publieke taken echter verbeteren. Dat kan verklaren

waarom de wetenschap relatief actief is op deze terreinen. Maar hoewel deze taakverdeling in de praktijk blijkt te bestaan, impliceert een publieke taak niet noodzakelijkerwijs dat de benodigde technologie ook binnen de publieke kennisinfrastructuur moet worden ontwikkeld. Uitbesteding van kennisontwikkeling aan bedrijven is mogelijk. Dat de wetenschap in vergelijking met het bedrijfsleven ook internationaal relatief actief is op deze terreinen, laat zich overigens eveneens met deze overweging verklaren.

3. Verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van externe effecten van kennis
Als bedrijven op sommige technologiegebieden relatief zwakke prikkels tot R&D ervaren en daardoor relatief weinig investeren vanuit maatschappelijk oogpunt, dan is een relatief grote publieke R&D-inzet op deze gebieden legitiem. Bedrijven kunnen zich in die gebieden bijvoorbeeld de opbrengsten uit R&D moeilijker toe-eigenen dan in andere gebieden omdat de nieuwe kennis relatief gemakkelijk weglekt. Ook andere typen marktfalen dan kennisspillovers kunnen leiden tot relatieve onderinvestering in R&D in bepaalde technologiegebieden, zoals risico-aversie en kapitaalmarktimperfecties.

Of de huidige publieke onderzoeksagenda vanuit maatschappelijk perspectief juist is of aanpassing behoeft, kan met deze overwegingen niet zonder meer worden vastgesteld. Daarvoor zijn er twee redenen:

1. Er is te weinig empirische kennis over 1) het belang van publiek-private R&D-wisselwerking voor innovatie, 2) het welvaartseffect van kennisontwikkeling ten bate van publieke taken en 3) het welvaartseffect van stimulering van technologiegebieden waar externe effecten van kennis relatief groot zijn. Daardoor is het niet mogelijk om het onderlinge gewicht van de drie overwegingen te bepalen.
2. Het is niet op voorhand duidelijk in welke gebieden de externe effecten van kennis relatief groot zijn (de derde overweging). Hiervoor is empirische kennis nodig van de omvang van deze spillovers. Precieze kennis ontbreekt echter. Wel lijkt het mogelijk een kwalitatieve analyse van kenmerken van technologiegebieden te maken en hiermee gevoel te krijgen voor verschillen tussen technologiegebieden in de omvang van kennisspillovers. Als bijvoorbeeld op een technologiegebied nieuwe kennis relatief moeilijk geheimgehouden dan wel met octrooien beschermd kan worden, is het aannemelijk dat de externe effecten van kennis relatief groot zijn op dit gebied.

Uit dit kader vloeien twee beleidsopties voort. Invulling van deze beleidsopties zal in de praktijk niet echt eenvoudig zijn en beleid impliceert altijd risico's op overheidsfalen.

Optie 1: Verzamel empirie over wanneer externe effecten van kennis groot zijn

Een eerste stap naar een daadwerkelijke beoordeling van de verschillen tussen de publieke en private onderzoeksagenda's zou zijn dat er een empirische analyse van kenmerken van technologiegebieden wordt verricht, zodat meer duidelijkheid is over waar de externe effecten van kennis waarschijnlijk relatief groot zijn.

Optie 2: Weeg de impact van de drie overwegingen op welvaart.

De tweede stap naar beoordeling van publiek-private R&D-specialisatieverschillen zou de afweging van de drie overwegingen zijn. De welvaartseffecten van de verschillende overwegingen zijn echter moeilijk in kaart te brengen. Wel biedt het onderhavige rapport een denkkader waaruit blijkt dat niet alleen wisselwerking tussen bedrijven en wetenschap, maar nog een aantal andere overwegingen een overweging vormen bij de beleidsbeslissing over de verdeling van publieke R&D-activiteit ten opzichte van het private R&D-specialisatiepatroon.

Referenties

- Branstetter, L., 1998, Are knowledge spillovers international or intranational in scope?, Microeconomic evidence from the US and Japan. Mimeo, University of California, Davis.
- Canton, E., 2002, Onderwijs, R&D en economische groei, CPB Memorandum 24, Centraal Planbureau, Den Haag.
- CBS, *Kennis en Economie 1999, 2001, 2002 en 2003*, Voorburg/Heerlen.
- Cohen, W. en D. Levinthal, 1989, Innovation and learning: the two faces of R&D, *Economic Journal* 94, pp. 569-596.
- Cohen, W., R. Nelson, en J. Walsh, 2002, Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D. *Management Science* Vol. 48, No.1, januari 2002, pp. 1-23.
- Cornet, M., 2001, De maatschappelijke kosten en baten van technologiesubsidies zoals de WBSO, CPB Document 8, Centraal Planbureau, Den Haag.
- Cornet, M. en J. van de Ven, 2004, Incentives for technology transfer institutes, CPB Document 58, Centraal Planbureau, Den Haag.
- CPB, 2002, *De pijlers onder de kenniseconomie. Opties voor institutionele vernieuwing*, Bijzondere publicatie 35, Centraal Planbureau, Den Haag.
- CPB, 2003, *Investeren in kennis; een maatschappelijk-economische beoordeling van de Bsik-projecten*, Bijzondere publicatie 50, Centraal Planbureau, Den Haag.
- David, P. en B. Hall, 2000, Heart of Darkness: modeling public-private funding interactions inside the R&D black box, *Research Policy* Vol. 29, pp. 1165-1183.
- David, P., B. Hall en A. Toole, 2000, Is Public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the economic evidence, *Research Policy* Vol 29, pp.497-529.
- DLO, 2002, *Jaarverslag 2002*, Wageningen.
- EZ, 2002a, Internationale ICT-toets 2002, Den Haag.
- EZ, 2002b, Werken aan innovatiekracht. Eindrapport Projectgroep IBI, Den Haag.

Goolsbee, A. 1998, Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers?, *American Economic Review* Vol. 88, No.2, May 1998, pp. 298-302.

Jaffe, A., 1996, Economic analysis of research spillovers: implications for the Advanced Technology Program, Economic Assessment Office, The Advanced Technology Program, National Institutes of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce.

KNAW, 1999, *Jaarverslag 1999*, Amsterdam.

Nelson, R. en P. Romer, 1996, Science, Economic Growth, and Public Policy, *Challenge*, maart-april, pp.9-21.

NIWI/NOD, 2003, *Universiteiten en onderzoeksinstituten in Nederland 2003*.

NOWT, 2003, *Wetenschaps- en Technologie-indicatoren 2003*.

NWO, 2001, *Jaarverslag 2001*, Den Haag.

OCW, 2002, *Kerncijfers 2002*, Zoetermeer.

OESO, 1991, *Choosing Priorities in Science and Technology*, Parijs

OESO, 2003a, *Basic Science and Technology Statistics 2002*, Parijs.

OESO, 2003b, *Governance of Public Research: Towards Better Practices*, Parijs

Pomp, M., R. Venniker, en M. Canoy, 2003, *Prikkel de prof. Een analyse van de bekostiging van universitair onderzoek*, CPB Document 36, Centraal Planbureau, Den Haag.

Rosenberg, N., 1994, Critical Issues in Science Policy Research, In: *Exploring the Black Box: Technology, Economics and History*, Chapter 8, pp.139-158, Cambridge UP.

STW, 2002, *Jaarverslag 2002*, Utrecht.

Toole, A., 2002, Does Public Scientific Research Complement Industry R&D Investment? The Case of NIH supported Basic and Clinical Research and Pharmaceutical Industry R&D, Working Paper 0102, Illinois State University, USA.

VNO-NCW, KNAW, NWO, TNO, VSNU, 2003, Kennis, kennis, kennis, Kennisstrategie 2010, actieplan, Den Haag.

Appendix A: Tabellen

- A.1 R&D-arbeidsjaren in Nederland, 1999
- A.2 R&D-uitgaven per R&D-arbeidsjaar, 1999
- A.3 Verdeling R&D-personeel voor de Nederlandse bèta-gerichte R&D naar technologiegebied (%)
- A.4 Verdeling R&D-personeel in universitair onderzoek (geldstromen) naar technologiegebied (%)
- A.5 Verdeling R&D-personeel in universitair onderzoek (type universiteit) naar technologiegebied (%)
- A.6 Verdeling R&D-personeel researchinstellingen naar technologiegebied (%)
- A.7 Verdeling R&D-personeel fundamenteel en toegepast onderzoek researchinstellingen, 1999 (%)
- A.8 Verdeling R&D-personeel naar financieringsbron, 1999
- A.9 Wetenschappelijk personeel naar HOOP-gebied (%), 1999/2001
- A.10 Verdeling aantallen publicaties door private en (semi-)publieke sector naar bèta-gerichte wetenschapsdiscipline, 1998-2001 (%)
- A.11 Internationaal: Wetenschappelijke publicaties naar discipline (1995-1999) en R&D-uitgaven bedrijfstakken (1999)

Tabel A.1 R&D-arbeidsjaren in Nederland, 1999

		Totaal	Hiervan bètagericht	Als % van totaal Nederland	Bètagericht fundamenteel onderzoek	Als % van bètagericht totaal in eigen sector
Totaal R&D-arbeidsjaren		87015	73637	84,6	16622	22,6
Private	Bedrijven	45174	45174	51,9	3011	6,7
waarvan	Industrie	32679	32679	37,6	2195	6,7
(Semi-)publiek	Alle (semi-)publieke kennisinstellingen	41841	28463	32,7	13611	47,8
waarvan	Researchinstellingen	14899	12547	14,4	3181	25,4
	PNP	974	476	0,5	354	74,4
	(Semi-)overheidsinstellingen	13925	12071	13,9	2828	23,4
waarvan	TNO	3458	3458	4,0	419	12,1
	GTI's	2240	2240	2,6	64	2,9
	NWO-instituten	1221	1153	1,3	1153	100,0
	KNAW-instituten	698	424	0,5	424	100,0
	DLO	2198	1978	2,3	392	19,8
en	Universiteiten	26942	15916	18,3	10430	65,5
	1 ^e en 3 ^e geldstroom	24302	13804	15,9	8318	60,3
waarvan	1 ^e geldstroom	15971	8034	9,2		
	3 ^e geldstroom	8331	5770	6,6		
	NWO 2 ^e geldstroom	2640	2112	2,4	2112	100,0
waarvan	STW	589	589	0,7	589	100,0

Bron: bewerking CPB, augustus 2003. Zie Appendix B.

Tabel A.2 R&D-uitgaven per R&D-arbeidsjaar, 1999

		R&D-arbeidsjaren		R&D-uitgaven		R&D-uitgaven per R&D-arbeidsjaar	
		(fte)		(mln euro)		(dvd euro)	
		totaal	bèta	totaal	bèta	totaal	bèta
Totaal R&D-arbeidsjaren		87015	73637	7564	6867	86,9	93,3
Private	Bedrijven	45174	45174	4263	4263	94,4	94,4
waarvan	Industrie	32679	32679	3242	3242	99,2	99,2
(Semi-)publiek	Alle (semi-)publieke kennisinstellingen	41841	28463	3300	2604	78,9	91,5
waarvan	Researchinstellingen	14899	12547	1138	999	76,4	79,6
	PNP	974	476	67	36	68,8	75,6
	(Semi-)overheidsinstellingen	13925	12071	1250	1105	89,8	91,5
	waarvan TNO	3458	3458	332	332	96,0	96,0
	GTI's	2240	2240	191	191	85,3	85,3
en	Universiteiten	26942	15916	2162	1605	80,2	100,8
	1 ^e en 3 ^e geldstroom	24302	13804	1983	1462	81,6	105,9
	NWO 2 ^e geldstroom	2640	2112	179	143	67,8	67,7
	waarvan STW	589	589	38	38	64,5	64,5

Bron: Bewerking CPB, augustus 2003. Zie Appendix B. R&D-uitgaven voor STW voor het jaar 2000.

Tabel A.3 Verdeling R&D-personeel voor de Nederlandse bèta-gerichte R&D naar technologiegebied (%)

	Totaal R&D- arbeidsjaren (privaat en publiek) (1999)	Bedrijven 1999	(Semi-) publieke kennis- instellingen (1999)	Universiteiten 2003	Research- instellingen 1999
Procesachtige technologie					
Delfstoffen (productie/winning)	1,4	1,2	1,6	2,1	0,9
Energie technologie	2,9	1,6	4,9	0,9	10,0
Materialen (laag moleculair)	3,6	4,7	1,8	2,4	1,1
Materialen (hoog moleculair)	4,4	5,6	2,6	2,7	2,4
Oppervlakte technologie	1,7	1,3	2,2	3,1	1,0
Levensmiddelentechnologie	7,0	4,7	10,6	4,7	18,1
Biotechnologie	6,1	4,9	7,8	11,6	3,1
Medische/farmaceutische technologie	14,9	7,8	26,3	38,7	10,6
Procestechnologie	8,3	11,7	3,0	3,5	2,2
Discrete technologie					
Elektronica	7,8	9,7	4,9	6,8	2,5
Transportmiddelen	4,3	5,2	2,8	1,8	4,2
Overige producten onderzoek	5,6	8,0	1,7	0,0	3,8
Fabricage technologie	4,7	6,5	1,8	2,0	1,6
Niet-industriegebonden technologie					
Informatietechnologie	13,3	18,4	5,2	7,4	2,5
Logistieke systemen	2,0	2,6	0,9	1,0	0,8
Bouw, civiele technologie	3,1	0,9	6,7	5,0	8,9
Milieu en veiligheid	4,3	2,3	7,5	4,5	11,4
Overig	2,3	2,8	1,4	0,0	3,1
Defensie	1,6	0,0	4,2	0,0	9,5
Ruimteonderzoek	0,8	0,0	1,9	1,6	2,4
Totaal R&D-personeel	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
R&D-arbeidsjaren, 1999	73637	45174	28463	15916	12547

Bron: Bewerking CPB, augustus 2003. Zie Appendix B. Het patroon van de totale kennisinfrastructuur is een gewogen gemiddelde van bedrijven en (semi-)publieke kennisinstellingen. Het patroon voor de (semi-)publieke kennisinstellingen is het gewogen gemiddelde van universiteiten en researchinstellingen.

Tabel A.4 Verdeling R&D-personeel in universitair onderzoek (geldstromen) naar technologiegebied (%)

	Universiteiten totaal	1 ^e en 3 ^e Geldstroom (1999)	NWO 2 ^e geldstroom totaal 2001	NWO 2 ^e geldstroom excl. STW 2001	STW 2002
Procesachtige technologie					
Delfstoffen (productie/winning)	2,1	1,9	4,4	5,4	1,8
Energie technologie	0,9	0,3	6,7	8,1	3,1
Materialen (laag moleculair)	2,4	2,0	5,9	6,5	4,5
Materialen (hoog moleculair)	2,7	2,4	5,8	6,5	3,8
Oppervlakte technologie	3,1	2,8	6,3	6,5	5,7
Levensmiddelentechnologie	4,7	4,3	9,1	8,1	11,9
Biotechnologie	11,6	11,8	9,5	8,1	13,4
Medische/farmaceutische technologie	38,7	40,6	22,3	25,1	15,3
Procestechnologie	3,5	3,5	4,2	2,6	8,1
Discrete technologie					
Elektronica	6,8	6,7	8,0	3,9	18,6
Transportmiddelen	1,8	1,6	3,0	3,9	0,7
Overige producten onderzoek	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2
Fabricage technologie	2,0	1,9	3,3	3,9	2,0
Niet-industriegebonden technologie					
Informatietechnologie	7,4	7,7	4,4	3,9	5,8
Logistieke systemen	1,0	0,8	3,0	3,9	0,7
Bouw, civiele technologie	5,0	5,2	3,1	3,9	1,1
Milieu en veiligheid	4,5	4,9	0,9	0,0	3,4
Overig	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Defensie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ruimteonderzoek	1,6	1,8	0,0	0,0	0,0
Totaal R&D-personeel	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
R&D-arbeidsjaren, 1999	15916	13804	2112	1523	589

Bron: Bewerking door CPB, augustus 2003. Zie Appendix B.

Tabel A.5 Verdeling R&D-personeel in universitair onderzoek (type universiteit) naar technologiegebied (%)

	Universiteiten totaal	Technische universiteiten	Algemene universiteiten	Wageningen
	2003	2003	2003	2003
Procesachtige technologie				
Delfstoffen (productie/winning)	2,1	4,2	1,5	0,0
Energie technologie	0,9	2,3	0,4	0,3
Materialen (laag moleculair)	2,4	2,5	2,4	1,9
Materialen (hoog moleculair)	2,7	4,4	2,2	0,3
Oppervlakte technologie	3,1	5,4	2,3	1,1
Levensmiddelentechnologie	4,7	0,1	4,3	30,9
Biotechnologie	11,6	3,9	13,7	24,3
Medische/farmaceutische technologie	38,7	2,6	57,9	2,4
Procestechnologie	3,5	7,7	1,1	10,6
Discrete technologie				
Elektronica	6,8	19,4	2,1	0,7
Transportmiddelen	1,8	4,9	0,6	0,0
Overige producten onderzoek	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricage technologie	2,0	6,2	0,4	0,0
Niet-industriegebonden technologie				
Informatietechnologie	7,4	14,3	4,7	0,0
Logistieke systemen	1,0	2,7	0,4	0,0
Bouw, civiele technologie	5,0	16,0	0,4	4,2
Milieu en veiligheid	4,5	3,5	3,1	23,2
Overig	0,0	0,0	0,0	0,0
Defensie	0,0	0,0	0,0	0,0
Ruimteonderzoek	1,6	0,0	2,4	0,0
Totaal R&D-personeel	100,0	100,0	100,0	100,0
R&D-arbeidsjaren, 1999	15916	4474	10449	993

Bron: Bewerking door CPB, augustus 2003. Zie Appendix B. Technische universiteiten: Delft, Eindhoven en Twente. Algemene universiteiten: Groningen, Leiden, Maastricht, Nijmegen, Rotterdam, Utrecht, UvA, VU. Tilburg is niet meegenomen, want deze heeft geen bètafaculteiten.

Tabel A.6 Verdeling R&D-personeel researchinstellingen naar technologiegebied (%)

	Research- instellingen totaal	TNO	DLO	GTI's	NWO- instituten	KNAW- instituten	PNP- sector
	1999	1999	2001	1999	2001	1999	1999
Procesachtige technologie							
Delfstoffen (productie/winning)	0,9	1,1	0,0	0,5	5,7	0,0	0,0
Energie technologie	10,0	4,5	2,8	40,1	5,7	0,0	0,0
Materialen (laag moleculair)	1,1	1,1	0,0	1,2	5,7	1,8	0,0
Materialen (hoog moleculair)	2,4	4,5	0,7	2,1	3,3	1,8	0,0
Oppervlakte technologie	1,0	1,1	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0
Levensmiddelentechnologie	18,1	11,5	54,3	0,0	5,7	18,5	0,0
Biotechnologie	3,1	4,6	4,0	0,0	5,7	18,5	0,0
Medische/farmaceutische technologie	10,6	5,6	0,4	0,0	3,3	53,0	100,0
Procestechnologie	2,2	3,9	4,2	0,0	3,3	0,0	0,0
Discrete technologie							
Elektronica	2,5	3,4	0,7	0,0	10,4	0,0	0,0
Transportmiddelen	4,2	6,7	0,0	11,5	3,3	0,0	0,0
Overige producten onderzoek	3,8	2,2	1,4	6,9	3,3	0,0	0,0
Fabricage technologie	1,6	3,8	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
Niet-industriegebonden technologie							
Informatietechnologie	2,5	4,5	0,9	1,7	8,6	0,0	0,0
Logistieke systemen	0,8	1,1	0,7	0,0	3,3	0,0	0,0
Bouw, civiele technologie	8,9	10,0	2,7	12,6	3,3	0,0	0,0
Milieu en veiligheid	11,4	4,6	24,7	3,6	5,7	6,4	0,0
Overig	3,1	4,7	2,7	0,4	0,0	0,0	0,0
Defensie	9,5	20,1	0,0	13,2	7,2	0,0	0,0
Ruimteonderzoek	2,4	1,1	0,0	6,2	7,2	0,0	0,0
Totaal R&D-personeel	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
R&D-arbeidsjaren, 1999	12547	3458	1978	2240	1153	424	476

Bron: bewerking door CPB, augustus 2003. Zie Appendix B.

Tabel A.7 Verdeling R&D-personeel fundamenteel en toegepast onderzoek researchinstellingen, 1999 (%)

	Totaal onderzoek researchinstellingen	Fundamenteel onderzoek	Toegepast onderzoek
Procesachtige technologie			
Delfstoffen (productie/winning)	0,9	2,2	0,5
Energie technologie	10,0	4,1	12,0
Materialen (laag moleculair)	1,1	2,5	0,7
Materialen (hoog moleculair)	2,4	2,3	2,4
Oppervlakte technologie	1,0	1,6	0,9
Levensmiddelentechnologie	18,1	15,5	19,0
Biotechnologie	3,1	5,6	2,2
Medische/farmaceutische technologie	10,6	21,8	6,8
Procestechnologie	2,2	2,3	2,2
Discrete technologie			
Elektronica	2,5	4,6	1,8
Transportmiddelen	4,2	2,3	4,8
Overige producten onderzoek	3,8	2,5	4,2
Fabricage technologie	1,6	2,8	1,2
Niet-industriegebonden technologie			
Informatietechnologie	2,5	3,9	2,0
Logistieke systemen	0,8	1,5	0,6
Bouw, civiele technologie	8,9	4,7	10,3
Milieu en veiligheid	11,4	9,2	12,2
Overig	3,1	1,6	3,6
Defensie	9,5	6,0	10,7
Ruimteonderzoek	2,4	3,0	2,2
Totaal R&D-personeel	100,0	100,0	100,0
R&D-arbeidsjaren, 1999	12547	3181	9366
Aandeel in R&D-arbeidsjaren (%)			
TNO	27,6	13,2	32,4
DLO	15,8	12,3	16,9
GTIs	17,9	2,0	23,2
NWO-instituten	9,2	36,3	0,0
KNAW-instituten	3,4	13,3	0,0
PNP	3,8	11,1	1,3
Restant	22,5	11,8	26,1

Bron: Bewerking door CPB, augustus 2003. Zie Appendix B.

Tabel A.8 Verdeling R&D-personeel naar financieringsbron, 1999^a

	(Semi-)publieke kennisinstellingen, totaal		Universiteiten		Researchinstellingen	
	Overheid	Markt	Overheid	Markt	Overheid	Markt
Procesachtige technologie						
Delfstoffen (productie/winning)	1,9	1,0	2,2	1,8	1,4	0,5
Energie technologie	3,2	7,9	1,2	0,1	7,1	12,6
Materialen (laag moleculair)	2,3	1,1	2,6	1,9	1,6	0,7
Materialen (hoog moleculair)	2,7	2,4	2,8	2,2	2,3	2,5
Oppervlakte technologie	2,6	1,5	3,3	2,7	1,3	0,8
Levensmiddelentechnologie	9,9	11,8	5,0	4,1	19,9	16,4
Biotechnologie	9,0	5,8	11,5	11,9	4,1	2,2
Medische/farmaceutische technologie	29,1	21,6	37,9	41,3	11,5	9,7
Procestechnologie	3,2	2,6	3,6	3,4	2,4	2,1
Discrete technologie						
Elektronica	5,7	3,6	6,9	6,7	3,3	1,7
Transportmiddelen	2,2	3,8	1,8	1,6	3,1	5,2
Overige producten onderzoek	1,2	2,5	0,0	0,0	3,5	4,0
Fabricage technologie	2,0	1,5	2,1	1,8	1,9	1,3
Niet-industriegebonden technologie						
Informatietechnologie	5,8	4,3	7,2	7,8	2,9	2,1
Logistieke systemen	1,1	0,6	1,1	0,7	1,0	0,5
Bouw, civiele technologie	5,8	8,3	4,9	5,3	7,6	10,0
Milieu en veiligheid	7,0	8,5	4,3	5,0	12,3	10,5
Overig	0,9	2,1	0,0	0,0	0,0	2,8
Defensie	2,5	7,0	0,0	0,0	0,0	7,6
Ruimteonderzoek	1,9	2,1	1,5	1,8	2,5	2,2
Totaal R&D-personeel	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
R&D-arbeidsjaren, 1999	18010	10453	11990	3926	6021	6526

Bron: Bewerking door CPB, augustus 2003. Zie Appendix B.

^{a)} Financiering door Nederlandse overheid en financiering door overige partijen (bedrijven, internationale overheden etc.).

Tabel A.9 Wetenschappelijk personeel naar HOOP-gebied (%), 1999/2001

HOOP-gebied ^a	1 ^e Geldstroom	2 ^e Geldstroom	3 ^e Geldstroom	Totaal	Hoog- leraren ^c	Universitair hoofddoc. ^c
	1999	1999	1999	1999	2001	2001
Landbouw	7,1	8,7	13,9	9,7	8,5	11,5
Natuur	35,1	52,5	19,9	34,0	38,3	31,2
Techniek ^b	16,8	14,2	12,5	14,8	35,8	36,7
Gezondheid	41,0	24,6	53,6	41,5	17,4	20,6
Totaal bèta (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Totaal bèta (fte)	4065	1977	2924	8966	1158	1234
Totaal bèta, alfa, gamma e.o. (fte)	6971	2609	3637	13216	2327	2232

Bron: VSNU, KUOZ-2000 (Tabel 20-22) en WOPI per 31-12-2001 (Tabel B.6).

^{a)}KUOZ: Door oprichting van interdisciplinaire onderzoeksinstituten is een betrouwbare uitsplitsing naar deel HOOP-gebied niet mogelijk.

^{b)}KUOZ: Hier ontbreekt personeelsinzet van de TU Delft omdat deze instelling geen betrouwbare gegevens per geldstroom kan leveren.

^{c)}WOPI: Totaal universitair personeel per 31-12-2001: 41399 fte.

Tabel A.10 Verdeling aantallen publicaties door private en (semi-)publieke sector naar bèta-gerichte wetenschapsdiscipline, 1998-2001 (%)

Discipline	Bedrijven	Universiteiten	Researchinstellingen
Klinisch-medische wetenschappen	9,1	24,7	13,8
Fundamentele levenswetenschappen	10,6	13,8	9,3
Fund. & experimentele medische wetenschappen	8,5	12,5	9,0
Fysica en materiaalkunde	13,3	9,2	15,0
Chemie en chemische technologie	22,1	9,0	9,7
Biologische wetenschappen	2,3	5,5	4,9
Milieuwetenschappen & technologie	3,8	3,1	4,9
Landbouw- en voedingswetenschappen	4,2	3,6	2,7
Aardwetenschappen & technologie	2,6	2,4	5,5
Informatica	3,9	2,6	3,7
Gezondheidswetenschappen	0,8	3,0	1,8
Sterrenkunde	0,2	2,0	3,1
Wiskunde	1,2	2,1	2,4
Elektrotechniek & telecommunicatie	5,9	1,2	3,3
Werktuigbouwkunde	2,1	0,8	2,8
Statistische methoden	1,1	1,4	1,0
Brandstoffen en energie	2,6	0,7	2,9
Overige medisch (technische) wetenschappen	1,9	1,3	0,6
Technische apparatuur & instrumenten	1,6	0,6	1,8
Algemene technische wetenschappen	1,4	0,4	0,8
Civiele techniek	1,0	0,2	1,2
Totaal	100,0	100,0	100,0
Aantal publicaties, 1998-2001	5565	52806	15220

Bron: NOWT (2003), Tabel 5.1, 5.6 en 5.9. Alleen bèta-gerichte disciplines; en exclusief algemene ziekenhuizen, internationale instellingen en Nederlandse overheid.

Tabel A.11 Internationaal: wetenschappelijke publicaties naar discipline (1995-1999) en R&D-uitgaven bedrijfstakken (1999)

	NED	VK	DUI	FRA	BEL	FIN	ZWE	JAP
Wetenschappelijke publicaties (%) naar discipline, 1995-1999								
Klinisch-medisch en gezondheid	26,5	27,4	18,3	17,9	22,4	29,9	27,7	17,4
Biomedisch en farmacologie	12,8	12,5	10,6	11,5	13,0	12,9	15,2	12,4
Fundamentele levenswetenschappen	13,4	12,0	11,7	13,2	13,8	11,4	13,2	12,3
Landbouw en voeding	4,5	3,9	2,5	2,7	4,3	5,0	3,6	3,6
Computerwetenschappen	2,2	1,9	1,9	1,8	1,9	2,2	1,3	1,1
Wiskunde en statistiek	2,5	2,2	3,2	4,5	3,1	2,0	1,9	1,7
Techniek en bouw	7,7	9,2	9,8	9,8	8,6	8,0	8,3	13,7
Chemie	8,3	8,6	14,0	11,9	10,6	6,7	7,5	15,2
Natuurkunde en sterrenkunde	12,8	12,5	21,0	18,2	14,4	12,1	12,4	17,9
Overig (biologie, aard- & milieuwet.)	9,3	9,9	7,0	8,5	7,9	9,7	9,0	4,7
Totaal	100	100	100	100	100	100	100	100
R&D-uitgaven in bedrijfstakken (%), 1999								
Landbouw, bosbouw en visserij (01)	2,05	1,02	0,24	1,33	0,34	0,08	0,39	0,10
Voeding, tabak en drank (04)	5,86	2,10	0,65	1,76	2,64	2,03	0,58	2,64
Aardolie, chemie en rubber (15)	23,36	30,66	18,91	23,48	38,73	8,42	18,56	17,76
Farmacie (19)	9,82	22,43	6,22	13,17	17,37		15,92	6,49
Kantoor- reken- & computerapp. (28)		0,98	1,88	1,90	0,19		2,21	
Elektrische machines (29)	30,67	3,16	3,04	3,70	3,37			9,50
Audio-, video- & communicatie-app. (30)		7,67	10,83	12,52	14,56	48,34	19,78	24,52
Instrumenten, horloges en klokken (33)		4,19	4,95	6,73	1,29	5,41	7,23	4,62
Bouwnijverheid (44)	1,42	0,36	0,26	0,95	1,16	0,93		1,88
Computerservice (52)	2,52	6,31	2,57	2,49	6,46	3,56	6,40	2,58
Overige zakelijke diensten n.e.g. (56)	5,15		1,33	2,96	6,02	1,93	1,28	
Overige bedrijfstakken	19,15	21,13	49,11	29,02	7,87	29,30	27,64	29,91
Totaal	100	100	100	100	100	100	100	100

Bron: EC (2003), Figuur 5.2.9 en 5.2.10 (wetenschappelijke publicaties); OESO (2003a), Tabel 13, BERD ISIC rev.3.

Appendix B: Bronnen en methoden

B.1 Bedrijven en (semi-)publieke kennisinstellingen

Bètagericht onderzoek wordt verricht door bedrijven en (semi-)publieke kennisinstellingen, die in dit rapport zijn gedefinieerd als volgt:

- De bedrijvensector is afgebakend door de SBI-indeling zoals toegepast door het CBS.
- De (semi-)publieke sector omvat zowel universiteiten als researchinstellingen:
 - Universiteiten: Rotterdam, Nijmegen, Groningen, Delft, Eindhoven, Leiden, Maastricht, Twente, Utrecht, UvA, VU, Wageningen en de Open Universiteit. Tilburg is niet meegenomen in het onderzoek, omdat het geen bèta-gerichte faculteiten heeft.
 - Researchinstellingen (zie ook CBS Kennis en Economie 2001, Bijlage B2, pp.238-239):
 - Overheidsinstellingen: o.a. RIVM
 - (Semi-)overheidsinstellingen: o.a. TNO, GTI's, DLO, NWO- en KNAW-instituten
 - Particuliere non-profit instellingen (PNP): o.a. Astmafonds, Nederlandse Hartstichting
 - Een kleine groep zelfstandige private ondernemingen die wetenschappelijk onderzoek als hoofdtak hebben (SBI 73).

De analyse in dit rapport richt zich vooral op de universiteiten en de (semi-)overheidsinstellingen (TNO, GTI's, DLO, NWO- en KNAW-instituten).

B.2 Databronnen en bewerkingen door het CPB

De specialisatiepatronen zijn gemeten in R&D-arbeidsjaren in bèta-gerichte technologiegebieden in 1999, gebaseerd op cijfers van het CBS, NIWI-NOD, KNAW, NWO en een aantal researchinstellingen. De data zijn bewerkt door het CPB, waarbij aannames zijn gemaakt. Hierbij een aantal algemene opmerkingen:

- Er zijn geen gegevens beschikbaar van R&D-uitgaven naar technologiegebied. R&D-arbeidsjaren worden hier beschouwd als een goede, maar niet perfecte, indicator voor R&D-uitgaven.
- De cijfers die ten grondslag liggen aan de meting in R&D-arbeidsjaren zijn gebaseerd op verschillende meeteenheden: R&D-arbeidsjaren, aantallen werknemers, mensjaren in projecten enzovoorts. Met een aantal aannames zijn gegevens omgerekend naar R&D-arbeidsjaren.
- De gegevens betreffen inzet van *eigen* R&D-personeel, zodat bijvoorbeeld de virtuele technologische topinstituten (TTI's) niet zijn opgenomen.¹⁶

¹⁶ Sommige TTI's hebben wel enig eigen R&D-personeel, maar de omvang hiervan is zeer klein. Veel personeel dat werkt in projecten bij de TTI's worden door bijvoorbeeld de universiteiten betaald.

- NWO 2^o geldstroom in de bètagebieden, dat door CBS in Kennis en Economie 2001 nog bij researchinstellingen wordt geclassificeerd, is in dit rapport toegerekend aan de universiteiten.
- De categorie ‘fundamenteel onderzoek’ in de CBS-tabellen is herverdeeld over de toepassingsgerichte technologiegebieden. Voor een uitspraak over specialisatie bij de (semi-) publieke kennisinstellingen is het van belang meer te weten over de gebieden waarvoor fundamenteel onderzoek wordt verricht. Dit is vooral het geval bij de researchinstellingen, waar deze categorie volgens het CBS een groot deel van het onderzoek bij de researchinstellingen in beslag neemt.
- Voor de universiteiten en een aantal researchinstellingen heeft het CPB zo goed mogelijk het R&D-personeel ingedeeld naar de toepassingsgerichte CBS-technologiegebieden (zie B.3).¹⁷ De uitsplitsingen introduceren incidenteel foute toewijzingen, die echter uitvlakken bij aggregatie per technologiegebied. Conclusies over de mate van overeenkomst of verschil van specialisatiepatronen tussen bedrijf en wetenschap zijn daarmee robuust voor kleine fouten in de toedeling.

Bedrijven

Bron: CBS, Kennis en Economie 2001, Tabel A.4.2.1: R&D-arbeidsjaren in 1999.

Bewerkingen: De categorie ‘fundamenteel onderzoek’ in deze Tabel is naar rato herverdeeld over de toepassingsgerichte technologiegebieden.

Universiteiten

Bronnen:

- NIWI/NOD, Universiteiten en Onderzoeksinstituten in Nederland 2003: aantallen hoogleraren en universitair hoofddocenten per (bèta-gerichte) vakgroep per universiteit in 2003.
- CBS, Kennis en Economie 2001, Kerntabel p.19, en pp.102-103: R&D-arbeidsjaren in 1999 voor 1^o en 3^o geldstroom totaal en fundamenteel onderzoek.
- NWO jaarverslag 2001: aantal fte’s wetenschappelijk (wp) en niet-wetenschappelijk personeel (nwp) in bèta-gerichte divisies (zie B.4).
- www.sofokles.nl (juli 2003): totaal personeel NWO 2^o geldstroom (wp en nwp in fte’s) in 1999.
- STW jaarverslag 2002: aantal mensjaar toegewezen aan gehonoreerde, lopende en afgesloten projecten in 2002.

¹⁷ Er kan gediscussieerd worden over het aggregatieniveau van de 20 technologiegebieden. Sommige gebieden zijn vrij breed (zoals biotechnologie en ICT), andere wat smaller (zoals transportmiddelentechnologie). De classificatie naar 20 technologiegebieden is echter gebaseerd op een internationaal gebruikelijke indeling die beleidsrelevant is (zie CBS, 1999, Bijlage B8).

Bewerkingen:

- Het algemene universitaire specialisatiepatroon is gebaseerd op de indeling van hoogleraren en universitair hoofddocenten (NIWI/NOD, 2003) naar technologiegebieden (zie B.3).
- STW, 2002: mensjaren toegewezen aan projecten zijn ingedeeld naar technologiegebieden.
- NWO 2^e geldstroom exclusief STW, 2001: personeel bij de bèta-gerichte NWO-divisies (zie B4) exclusief STW is ingedeeld naar technologiegebieden.
- Aangenomen is dat alle onderzoek in NWO 2^e geldstroom fundamenteel van aard is.
- Totaal R&D-arbeidsjaren voor NWO 2^e geldstroom en STW in 1999 (zie ook onder het kopje *Researchinstellingen*):

Berekening R&D-arbeidsjaren bij NWO en STW in 1999

NWO 2 ^e geldstroom, 1999	2640	www.sofokles.nl, aanname: fte = R&D-arbeidsjaar
Waarvan 80% bètaggericht	2112	aanname (jaarverslag NWO 2001: ca 80% personeel in bèta-gerichte divisies)
En hiervan 27,9% bij STW	589	gebaseerd op aandeel personeel TW-divisie in bèta-gerichte divisies in 2001
NWO-instituten, 1999	1221	www.sofokles.nl, aanname: fte = R&D-arbeidsjaar
Waarvan 94,4% bètaggericht	1153	aanname (jaarverslag NWO 2001: 94,4% personeel in bèta-gerichte instituten)

- Opsplitsing van 1^e en 3^e geldstroom naar technologiegebied is niet mogelijk. Een indicatie voor de verhouding tussen beide geldstromen op geaggregeerd niveau is af te leiden uit VSNU-cijfers voor wetenschappelijk personeel in de bèta-gerichte HOOP-gebieden (Tabel A.9).
- Het specialisatiepatroon van de 1^e en 3^e geldstroom samen is afgeleid uit het algemene patroon en het patroon voor NWO 2^e geldstroom (gewogen met R&D-arbeidsjaren in 1999).

Researchinstellingen

Bronnen:

- CBS, Kennis en Economie 2001, Tabel A.3.1.5 en A.3.1.6: R&D-arbeidsjaren in 1999 voor researchinstellingen totaal, PNP-sector, TNO en GTI's.
- KNAW jaarverslag 1999: aantal fte's (exclusief management/ondersteuning) in bèta-gerichte instituten (zie B.4).
- NWO jaarverslag 2001: aantal fte's wp en nwp in bèta-gerichte instituten (zie B.4).
- DLO jaarverslag 2002, en internetsites DLO-instituten.
- NOWT 1998, Figuur 4.18, geschatte aandeel DLO in R&D-uitgaven.
- Cornet en Van de Ven (2004, p.29): 30% of turnover charged to cover investment cost in knowledge stock.

Bewerkingen:

- Het aantal R&D-arbeidsjaren in de categorie ‘fundamenteel onderzoek’ bij de researchinstellingen in totaal zoals in de CBS-tabel is verminderd met 2112 R&D-arbeidsjaren voor NWO 2^e geldstroom (zie *Universiteiten*).
- De categorie ‘fundamenteel onderzoek’ van de PNP-sector, TNO en GTI’s zoals in de CBS-tabel is naar rato herverdeeld over toepassingsgerichte technologiegebieden.
- KNAW- en NWO-instituten: personeel bij bèta-gerichte instituten is ingedeeld naar technologiegebied. Aangenomen is dat alle onderzoek fundamenteel van aard is.
- Totaal R&D-arbeidsjaren bij NWO-instituten in 1999: zie *Universiteiten*.
- Het specialisatiepatroon voor DLO als geheel is gebaseerd op de berekende patronen voor individuele bèta-gerichte DLO-instituten in verschillende jaren 2001-2003 (zie B.4).
- Totaal R&D-arbeidsjaren DLO in 1999:

Berekening R&D-arbeidsjaren DLO in 1999

Aandeel bèta-gerichte DLO-instituten in omzet 2001	90%	Jaarverslag DLO 2002: ca 10% omzet door LEI en IAC.
Aandeel DLO in (semi-)publieke R&D-uitgaven inclusief NWO 2 ^e geldstroom en inclusief alfa/gamma-gebieden	15%	NOWT (1998), geschatte aandeel op basis van Figuur 4.18
90% van 15% van de 14659 R&D-arbeidsjaren bij researchinstellingen incl. NWO 2 ^e geldstroom in 1999	1978	CBS Kennis en Economie 2001, Tabel A.4.2.1.

- Aandeel fundamenteel onderzoek bij DLO: aangenomen is dat de zgn. Strategische Expertise Ontwikkeling (in LNV programma) en een R&D mark-up van 30% op contractonderzoek (Cornet en Van de Ven, 2004) ten bate van kennisopbouw is, dus fundamenteel onderzoek inhoudt. Op basis hiervan is berekend dat ca 20% van de onderzoeksomzet (DLO jaarverslag 2002) gebaseerd is op fundamenteel onderzoek.

De update in Kennis en Economie 2003

Kennis en Economie 2001 presenteert de cijfers voor R&D-arbeidsjaren naar technologiegebied voor het jaar 1999, die in dit rapport zijn gebruikt. Inmiddels is Kennis en Economie 2003 gepubliceerd met een update naar het jaar 2001. Het aantal technologiegebieden is echter beperkt door verandering in de vraagstelling in de R&D-enquête (zie CBS, 2003, pag. 117 e.v.). Hierdoor is een directe betrouwbare vergelijking tussen 1999 en 2001 lastig. Los daarvan is de periode 1999-2001 hoogstwaarschijnlijk te kort om veranderingen in specialisatie over de tijd heen te analyseren. Een bijkomend punt is dat voor de berekening het universitaire specialisatiepatroon in dit rapport gebruik is gemaakt van gegevens uit 2003, en voor researchinstellingen gegevens uit de periode 1999-2003. Hierbij is aangenomen dat het hoogstwaarschijnlijk is dat het specialisatiepatroon van bedrijven en (semi-)publieke instellingen in de korte periode 1999-2003 niet fundamenteel veranderd zijn. In ieder geval zal

de hoofdconclusie van dit rapport niet veranderen door de nieuwe cijfers: er zijn grote publiek-private R&D-specialisatieverschillen, die beleidsrelevante vragen oproepen.

Onderzoek naar financieringsbron (Tabel A.8)

Percentage van onderzoek gefinancierd door overheid:

- Universiteiten

1e Geldstroom	100%	(zie paragraaf 2.3, geldstromen)
2e Geldstroom	100%	(zie paragraaf 2.3, geldstromen)
3e Geldstroom	32%	CBS Kennis en Economie 2003, Tabel 5.3.1, % contractonderzoek in opdracht van nationale overheden
- Researchinstellingen

TNO	34%	OCW, Kerncijfers 2002, Tabel 4.4, basis- en doelfinanciering 2000
GTI's	37%	OCW, Kerncijfers 2002, Tabel 4.4, basis- en doelfinanciering 2000
DLO	55%	DLO Jaarverslag 2002, Kengetallen, aandeel LNV in omzet 1999
PNP	35%	CBS Kennis en Economie 2001, Tabel A.5.1.3.1, % financiering door het Rijk, 1999
NWO-instituten	100%	aanname
KNAW-instit.	100%	aanname
Restant	50%	aanname

B.3 De toewijzing van onderzoekspersoneel aan technologiegebieden

Voor een groot deel van de gegevens is het R&D-personeel zo goed mogelijk ingedeeld (door het CPB) naar de toepassingsgerichte CBS-technologiegebieden. Deze toewijzing verdient toelichting:

- Wetenschappelijk personeel aan universiteiten en sommige researchinstellingen verrichten onderzoek ten bate van pure kennisontwikkeling die spillovers naar vele terreinen tot gevolg hebben. Een goed voorbeeld is onderzoek door wiskundevakgroepen. Wiskunde kent vele mogelijke toepassingen: modellering van stromingen ten bate van ontwikkeling van schepen, algoritmen om neurale netwerken in kaart te brengen, klimaatmodellen. De onderzoeksinzet van zo'n vakgroep wordt dan ook toegewezen aan meerdere technologiegebieden.
- Vakgroepen onder dezelfde naam (bijvoorbeeld werktuigbouwkunde) op verschillende universiteiten kunnen zich bezig houden met heel verschillende deelaspecten in hun gebied. Het doorzoeken van de internetsites van deze vakgroepen verschaft hier informatie over. Hierdoor kunnen per universiteit de toegewezen technologiegebieden verschillen.
- Er zijn een aantal technologiegebieden die een grijs gebied vormen: 'overig producten-onderzoek' bij de discrete technologieën en 'overig' bij de niet-industriegebonden

technologieën. Deze gebieden zijn vermeden bij de toewijzingen. Dit geldt ook voor defensie. Het technologiegebied ruimteonderzoek kreeg alleen onderzoekspersoneel toegewezen als het duidelijk niet anders kon.

- Bij levensmiddelentechnologie (inclusief landbouw) zijn diergeneeskunde en -geneesmiddelen gerekend. Deze zouden ook onderverdeeld kunnen worden bij medische en farmaceutische technologie, maar diergeneeskunde heeft meestal tot doel het dierwelzijn in de productie van dierlijke producten te bevorderen. Dit is bijvoorbeeld heel duidelijk bij de DLO-instituten. Een opsplitsing tussen levensmiddelentechnologie en medische technologie zou het aandeel medische en farmaceutische technologie in publieke R&D overigens alleen maar nog groter maken.
- Verder is er niet altijd een duidelijke scheiding tussen gebieden, zoals materialen en oppervlaktetechnologie, wat het lastig maakt om personeel aan gebieden toe te wijzen. Een kenmerk van modern onderzoek is bovendien multidisciplinariteit. Dit houdt in dat meerdere technologiegebieden betrokken zijn binnen een onderzoeksproject. De resultaten van het onderzoek zijn dan vaak ook op meerdere terreinen toepasbaar.

Vaak is 'common sense' doorslaggevend geweest bij de toewijzing aan technologiegebieden. Incidenteel foutieve toewijzingen zullen bij aggregatie per technologiegebied uitgevlakt zijn.

B.4 Lijst van bèta-gerichte instituten en wetenschapsgebieden

NWO 2^e geldstroom

- Aard- en levenswetenschappen (ALW)
- Chemie (CW)
- Exact (EW)
- Medisch (MW)
- Technische wetenschappen (STW)

NWO-instituten

- Instituut voor Astronomisch Onderzoek (ASTRON)
- Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI)
- Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM), waaronder
 - Atoom- en Molecuulfysica (AMOLF)
 - Kernfysica en Hoge Energie Fysica (NIKHEF)
 - Plasmafysica Rijnhuizen
- Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ)
- Stichting Ruimteonderzoek Nederland (SRON)

KNAW-instituten

- Centraal bureau voor Schimmelcultures (CBS)
- Nederlands Instituut voor Ontwikkelingsbiologie/Hubrecht Laboratorium (NIOB)
- Nederlands Instituut voor Hersenonderzoek (NIH)
- Interuniversitair Oogheelkundig Instituut (IOI)
- Interuniversitair Cardiologisch Instituut Nederland (ICIN)
- Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO)

DLO-instituten

- Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte
- Instituut voor Agrotechnologisch Onderzoek (ATO)
- Centraal Instituut voor DierziekteControle (CIDC-Lelystad)
- Instituut voor Dierhouderij en Diergezondheid (ID-Lelystad)
- Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG)
- Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO)
- Praktijkonderzoek Veehouderij (PV)
- Instituut voor Voedselveiligheid RIKILT
- Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO).

Grote Technologische Instituten

- Marin
- Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)
- Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR)
- WL Delft Hydraulics
- GeoDelft

B.5 Benchmarking van specialisatie: welke bedrijfstakken en wetenschapsdisciplines?

In Tabel 3.1 worden ruwe ‘specialisatiefactoren’ voor verschillende landen berekend op basis van R&D-uitgaven in bedrijfstakken en publicaties in wetenschapsdisciplines (zie Tabel A.11). Hierbij is aangenomen dat publicaties de R&D-activiteit in de publieke sector vertegenwoordigen, en de R&D-uitgaven door bedrijfstakken de inzet door het bedrijfsleven. Voor elk technologiegebied zijn de belangrijkste bedrijfstakken en disciplines geselecteerd op basis van ‘common sense’ en Tabel A.4.2.1 in CBS (2001). Bijvoorbeeld bij medische en farmaceutische technologie is aangenomen dat de meest relevante R&D in dit gebied in het bedrijfsleven bij de farmaceutische industrie plaatsvindt. De elektrotechnische industrie ontwikkelt ook medische technologie (bijvoorbeeld hartbewakingsapparatuur). De totale R&D die in deze industrie plaatsvindt, is echter vrij breed georiënteerd, zodat het niet meegenomen is in de berekening. Noteer dat er bij bouwtechnologie bedrijfs-R&D plaatsvindt bij architecten- en ingenieursbureaus. Deze zijn geclassificeerd in de bedrijfstak “overige zakelijke diensten

n.e.g.”. Tabel B1 op de volgende bladzijde vat voor de vijf technologiegebieden samen welke bedrijfstakken en disciplines in de berekening van de specialisatiefactoren zijn betrokken. Tabel A.11 geeft de bijbehorende cijfers. De ruwe specialisatiefactoren moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden, daar de gegevens vrij geaggregeerd zijn.¹⁸

Tabel B.1 Vijf technologiegebieden: welke bedrijfstakken en wetenschapsdisciplines?

	Bedrijfstakken	Wetenschapsdisciplines
Medische en farmaceutische technologie	Farmaceutische industrie (44)	Klinisch-medisch en gezondheid Biomedisch en farmacologie Wiskunde en statistiek Techniek en bouw
Informatietechnologie	Kantoor- reken- en computerapparatuur (28) Elektrische machines (29) Audio-, video- en communicatieapparatuur (30) Instrumenten, horloges en klokken (33) Computerservice en gerelateerde activiteiten (52)	Computerwetenschappen Wiskunde en statistiek Techniek en bouw
Bouwtechnologie	Bouwnijverheid (44) Overige zakelijke diensten n.e.g. (56)	Techniek en bouw
Biotechnologie	Landbouw, bosbouw en visserij (01) Voeding, tabak en drank (04) Aardolie, chemie en rubber (15)	Biomedisch en farmacologie Fundamentele levenswetenschappen Landbouw en voeding Chemie
Levensmiddelentechnologie	Landbouw, bosbouw en visserij (01) Voeding, tabak en drank (04)	Landbouw en voeding

Bron: CPB.

¹⁸ Dit was ook meteen de reden waarom er geen specialisatiefactoren berekend zijn voor de overige technologiegebieden, omdat er teveel bedrijfstakken c.q. disciplines betrokken zijn om een zinvolle interpretatie aan de berekening te kunnen geven.

Appendix C: Definitie technologiegebieden

Bron: CBS Kennis en Economie 1999, Bijlage B8, Tabel B8.1 *Typologieën van technologiegebieden door CBS en ADL*, pp.248-251.

Zie Appendix B voor een aantal aanpassingen door CPB.

Tabel C.1 Definitie van bèta-gerichte technologiegebieden

Procesachtige technologie

Delfstoffen (productie/winning)	exploratie, winning van delfstoffen en andere natuurlijke materialen, incl. geotechnologie, off shore, seismische technieken, e.d.
Energietechnologie	nieuwe of hernieuwbare energiebronnen/dragers, zoals zonne-energie, bio-ethanol; warmtekrachtkoppelingen en energiebesparing
Materialen (laag molecuair)	laagmoleculaire (basis)materialen en eerste toepassingen daarvan, zoals metalen, papier, cement, vetten, smaakstoffen, wasmiddelen, herbiciden
Materialen (hoog molecuair)	hoogmoleculaire (vaak synthetische) verbindingen en materialen, zoals polymeren, composieten, keramische materialen
Oppervlaktetechnologie	vaste-stof-chemie, galvaniseren, corrosie, bindmiddelen, cvd & pvd, colloïd chemie, ion-implantatie, enz.
Levensmiddelentechnologie	primaire productie van voedingsmiddelen (landbouw, visserij enz.); ecosysteemontwikkeling, gewasbescherming, conservering, plantaardige en dierlijke producten, e.d. Inclusief diergeneeskunde.
Biotechnologie	genetische modificatie, celfusie/biologie, fermentatie, eiwit/enzymontwikkeling, neurobiologie, plantenveredeling, biokatalyse
Medische/farmaceutische technologie	(nieuwe) geneesmiddelen, (bio)farmacie, biomaterialen, diagnosetechnieken, medische (operatie)technieken, medische beeld/signaalverwerking, preventie, human behaviour
Procestechnologie	procestechnieken om resultaten van bovengenoemde technologieën fabrieksmatig te kunnen voortbrengen, zoals proceskunde, reactor-engineering, katalyse

Discrete technologie

Elektronica	(micro)elektronische producten, materialen en toepassingen, zoals componenten, sensoren, signaal/beeldverwerking, ic-technologie, halfgeleiders, optische/akoestische systemen; microsystemen, hardware
Transportmiddelen	fysieke transportmiddelen en bijbehorende onderdelen, zoals aandrijvingen, motoren enz., disciplines als modelleren, simuleren, prototyping, vaak met gebruik van cad/cae
Overige producten onderzoek	overige, niet eerder genoemde industriële producten
Fabricage technologie	fabricagetechnieken om resultaten van de drie eerder genoemde technologieën fabrieksmatig te produceren, zoals bewerkingstechnieken, cam/cim, robots

Tabel C.1 Definitie van bèta-gerichte technologiegebieden (vervolg)

Niet-industriegebonden technologie

Informatietechnologie en telecom	software & (data)communicatietoepassingen, software engineering; ook multi, single client software toepassingen en embedded software
Logistieke systemen	logistieke, distributie-, transport en overslagsystemen/software; distributienetwerken, logistiek- en verkeersmanagement
Bouw en civiele technologie	weg- en waterbouw, bouwwerken, infrastructurele voorzieningen, bouwprocessen, ruimtelijke ordening, stadsontwikkeling, e.d.
Milieu en veiligheid	afvalverwerking, herontwerp, saneringen, recycling, verontreinigingen, geluidshinder, natuurbeheerssystemen, risicomangement, e.d.
Overig	niet toe te rekenen aan een van bovenstaande technologiegebieden
Defensie	defensiesystemen. Alleen bij researchinstellingen.
Ruimteonderzoek	exploratie en exploitatie van de ruimte, sterrenkunde, ontwikkeling satellieten e.d. Alleen bij researchinstellingen en universiteiten.
