

Methode voor kwaliteitsbeoordeling van de agro-kennisinfrastructuur

Een haalbaarheidsanalyse op basis van 3 case studies

Deze studie werd uitgevoerd in opdracht van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek door:

Drs. C.M. Enzing

Drs. I. Limpens

Dr.Ir. H.L. Schaffers

TNO Strategie, Technologie en Beleid (TNO-STB)



Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek

Postbus 20401

2500 EK Den Haag

tel.: 070 379 36 53

internet: <http://www.agro.nl/nrlo/>

ISBN: 90 - 5059 - 035 - 7

Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.

NRLO-rapport nr. 97/23, Den Haag, december 1997

Ten Geleide

Een essentieel onderdeel van de NRLO-verkenningen is het identificeren van belangrijke ontwikkelingen in wetenschaps- en technologiegebieden en het in kaart brengen van de relatieve sterkten en zwakten van het Nederlandse (agro-)kennissysteem op deze gebieden. Om de relatieve sterkten en zwakten te kunnen bepalen is een beoordelingssystematiek nodig, die effectief, efficiënt en herhaalbaar is.

In dit kader is aan TNO Strategie, Technologie en Beleid gevraagd om de geschiktheid van verschillende indicatoren, criteria en bronnen voor deze kwaliteitsbeoordeling te verkennen en deze toe te passen op drie wetenschaps- en technologiegebieden, nl. voedingsgedrag, bodembioïologie en biosensoren.

De auteurs zijn goed geslaagd in deze opzet. Het rapport biedt een helder inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van verschillende bronnen bij de beoordeling van respectievelijk de middelenpositie (capaciteit en financiering), systeemkenmerken (aansturing, netwerken, mobiliteit onderzoekers) en performance (wetenschappelijke kwaliteit en maatschappelijke bruikbaarheid). Er is hierbij gebruik gemaakt van expertoordelen, onderzoek-evaluaties, documentatie zoals jaarverslagen en gegevens uit onderzoek- en octrooidatabanken.

Een combinatie van verschillende bronnen, afhankelijk van het W&T-gebied, blijkt noodzakelijk om tot een betrouwbare profielschets te komen. Deze profielschets kan vervolgens worden gebruikt als gespreksbasis voor het doelgericht versterken van bepaalde W&T-gebieden. De bevindingen uit deze verkenning zullen worden besproken met beleidsmakers bij overheid, bedrijfsleven en onderzoekinstellingen.

Gegeven de resultaten van deze haalbaarheidsstudie zal de ontwikkelde methodiek worden gehanteerd in het NRLO-verkenningenproces om zicht te krijgen op de kwaliteit van het Nederlandse (agro-)kennissysteem op een aantal nader te selecteren gebieden met een grote potentie voor de toekomst van de agrosector en het landelijk gebied. Om tot deze selectie te komen worden momenteel verschillende studies uitgevoerd. In 1998 zal een integrerend verkenningenrapport verschijnen, met daarin de voor de toekomst belangrijkste W&T-gebieden en de relatieve sterkten en zwakten van Nederland op deze terreinen.

Dr.Ir. A.P. Verkaik,

Directeur Bureau NRLO.

Inhoudsopgave

Ten Geleide	i
Samenvatting	1
1. Inleiding	7
1.1. Doel van het onderzoek	7
1.2. Aanleiding en achtergrond	7
1.3. Vraagstelling en aanpak	8
1.4. Overzicht van het rapport	8
2. Methodiek en informatie-analyse	11
2.1. Methodiek voor de beoordeling van de kwaliteit van de agro-kennisinfrastructuur	11
2.2. Beschikbaarheid en bruikbaarheid van informatiebronnen	15
3. Case 1: Voedingsgedrag	25
3.1. Inleiding	25
3.2. Karakterisering	25
3.2.1. Afbakening	25
3.2.2. Trends en ontwikkelingen in onderzoek	26
3.2.3. Internationale onderzoekslijnen	27
3.3. De kennisinfrastructuur	27
3.4. Sterkte-zwakte analyse	28
3.4.1. Kritische massa	28
3.4.2. Systeemkenmerken: netwerken	29
3.4.3. Systeemkenmerken: aansturing van onderzoek	31
3.4.4. Wetenschappelijk kwaliteit van de kennisinfrastructuur	31
3.4.5. Maatschappelijke bruikbaarheid	32
3.4.6. Internationaal perspectief	32
3.5. Conclusies	33
4. Case 2: Bodembioïologie	35
4.1. Inleiding	35
4.2. Karakterisering	35
4.2.1. Afbakening	35
4.2.2. Trends en ontwikkelingen in onderzoek	36

4.3. De kennisinfrastructuur	37
4.4. Aanvullend bibliometrisch onderzoek	39
4.4.1. Wetenschappelijke Productie/Output	39
4.4.2. Impact van wetenschappelijke artikelen	42
4.4.3. Netwerken en clusters van samenwerking	43
4.4.4. Thema's van onderzoek en onderzoekslijnen	45
4.4.5. Internationale vergelijking	46
4.5. Sterkte-zwakte-analyse	47
4.5.1. Kritische massa	47
4.5.2. Systeemkenmerken	47
4.5.3. Wetenschappelijke kwaliteit van de bodembioologie in Nederland	49
4.5.4. Maatschappelijke bruikbaarheid van de bodem-biologie	49
4.5.5. Internationaal perspectief	50
4.6. Conclusies	51
 5. Case 3: (Bio-)sensoren en (bio)signaalbewerking	 53
5.1. Inleiding	53
5.2. Karakterisering	54
5.2.1. Belang	54
5.2.2. Afbakening in disciplines, technologieën, toepassingen	54
5.2.3. Internationale trends	56
5.3. De kennisinfrastructuur	57
5.3.1. Actoren in de kennisinfrastructuur	57
5.3.2. Onderzoekstimulering	61
5.3.3. Internationale positionering biosensor-onderzoek	62
5.3.4. Netwerken in de kennisinfrastructuur	64
5.4. Sterkte-zwakte analyse	65
5.5. Conclusies	66
 6. Conclusies en evaluatie	 69
6.1. Inleiding	69
6.2. Sterktes en zwakten van de kennisinfrastructuur in de gekozen W&T-gebieden	70
6.3. Methodiek: evaluatie van de haalbaarheid	73
6.4. Voorstel voor het vervolg	80
 Bijlage 1: Bronnen	 81
Bijlage 2: Drie onderzoeksdatabanken	83
 Summary	 97

Samenvatting

Doelstelling en resultaat

Op verzoek van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO) heeft TNO Strategie, Technologie en Beleid een haalbaarheidsstudie uitgevoerd waarin is nagegaan op welke wijze een systematische beoordeling van de kwaliteit van de Nederlandse agrokennisinfrastructuur kan plaatsvinden. Met behulp van deze methodiek kan de NRLO een beter inzicht verkrijgen in de kennisportfolio die de agrosector ter beschikking staat. Op basis hiervan kan de NRLO de richting aangeven waarin deze kennisportfolio zou moeten worden versterkt, gegeven toekomstige uitdagingen.

De methodiek die in deze studie is ontwikkeld, is ter toetsing toegepast op een drietal specifieke wetenschaps- en technologiegebieden: 'Voedingsgedrag', 'Bodembiologie' en '(Bio)sensoren en signaalverwerking'. Het eindresultaat van het project bestaat zowel uit de ontwikkelde methodiek als uit de resultaten van toepassing van de methodiek op de drie cases. Dit resultaat houdt in essentie een 'profiel' in van de kwaliteit van de kennisinfrastructuur volgens een multicriteria-benadering.

Methodiekontwikkeling

De methodiekontwikkeling omvat een tweetal onderdelen: karakterisering en afbakening van het kennisgebied en het opstellen van een profiel van de kennisinfrastructuur door middel van een sterkte-zwakte analyse. Het uitgangspunt voor de methodiekontwikkeling is een systeemvisie op het proces van kennisgeneratie. Middelen aan de inputzijde worden uiteindelijk getransformeerd tot onderzoeksresultaten aan de outputzijde. Deze output betreft zowel de feitelijke performance als de potentiële toekomstige performance die bepaald wordt door onderliggende systeemkenmerken van de kennisinfrastructuur.

Hierdoor staan een drietal groepen van beoordelingsaspecten centraal: middenpositie, systeemkenmerken en performance. Bij de beschrijving van de middenpositie ligt de nadruk op de capaciteitsinzet en financiering van R&D. Inzicht hierin leidt uiteindelijk tot inzicht in de kritische massa van onderzoek op een kennisgebied. De systeemkarakteristieken van de kennisinfrastructuur betreffen vooral de financiële en beheersmatige aansturingsmechanismen, de netwerken voor samenwerking en doorstromingsmechanismen voor wat betreft human resources. Bij de beschrijving van de performance gaat het vooral om 'wetenschappelijke kwaliteit' en 'maatschappelijke bruikbaarheid'.

De uitwerking van de sterkte-zwakte analyse berust op operationalisering van de genoemde drie groepen beoordelingsaspecten door onderscheid te maken tussen drie niveaus: criteria, indicatoren en data. Nadat op het niveau van gegevens informatie afkomstig uit verschillende bronnen gericht is verzameld en gesystematiseerd, kan een set indicatoren worden ingevuld. Deze indicatoren worden gekoppeld aan de criteria die bepalend zijn voor de drie groepen beoordelingsaspecten. De vertaalslag van indicatoren naar eindconclusie over sterktes en zwakten is niet geheel éénduidig te trekken doordat de basisinformatie zowel kwalitatief als kwantitatief, en zowel subjectief als objectief van aard is. Bovendien zijn er meerdere criteria die van belang zijn bij de beoordeling. Het resultaat van de analyse is daarom veeleer een *profiel van de kwaliteit van de kennisinfrastructuur* volgens een multicriteria-beoordeling, waarbij voor specifieke kennisgebieden de relevante criteria zelfs nog kunnen verschillen.

Afbakening kennisgebieden

De drie kennisgebieden waarop de sterkte zwakte analyse is toegepast zijn beschreven op twee onderdelen: een inhoudelijke karakterisering van het kennisgebied (afbakening in disciplines en kerntechnologieën, een beschrijving van trends en ontwikkelingen in onderzoek) en een beschrijving van de kennisinfrastructuur. Zo is in de case 'Biosensoren en Biosignaalverwerking' een uitvoerige analyse gegeven van de structuur van het kennisgebied en gerelateerde terreinen van kennisontwikkeling en onderzoekstrends. In alle cases is een uitvoerige analyse opgesteld van de kennisinfrastructuur op de kerngebieden van het betreffende kennisgebied. Deze afbakening vormt een belangrijke basis voor de sterkte-zwakte-analyse.

Uit evaluatie van de case studies kwam naar voren dat er behoefte is aan een meer systematische afbakeningsmethode zodat een kennisgebied op inhoudelijke en actor-aspecten inzichtelijk wordt en de logische keten tussen disciplines, (generieke) technologie en toepassingsgerichte kennis duidelijk wordt. Bij 'grote' kennisgebieden valt toepassing van formele karteringsmethoden en clusteringmethoden te overwegen als min of meer 'objectief' startpunt. Een goede interpretatie van relaties tussen vakgebieden en technologie-ontwikkelingen is hierbij cruciaal.

Haalbaarheid van de methodiek

Het criterium 'kritische massa' als criterium voor 'middelenpositie' is voor de sterkte-zwakte-analyse een belangrijk begrip, maar tegelijkertijd - zo bleek uit de evaluatie van de case studies - heel moeilijk eenduidig te operationaliseren doordat het sterk vakgebied-afhankelijk is. Er zijn weliswaar kwantitatieve gegevens betreffende de middelenpositie van groepen in een kennisgebied, maar een objectieve beoordeling op basis hiervan is daarmee niet goed mogelijk. Er is geen goede eenduidige methodiek beschikbaar waarmee de

onderzoekscapaciteit op een specifiek en interdisciplinair kennisgebied in kaart kan worden gebracht en geëvalueerd. De inspectie van kwantitatieve gegevens over onderzoekscapaciteit vereist een zorgvuldige beoordeling en check door experts en betrokkenen.

Het criterium 'systeemkenmerken' omvat aspecten die zowel iets van de onderlinge samenhang en samenwerking in een kennisgebied duidelijk moeten maken als van de dynamiek waarin het onderzoeksterrein zich bevindt en de externe relaties van actoren. Er is in de case studies gekeken naar bestaande netwerken, naar sturing vanuit maatschappelijke en economische organisaties en naar het onderwijs. Hieruit kwam naar voren dat het een zeer nuttig criterium is, maar tegelijkertijd ook zeer flexibel in de toepassing. Het laat toe dat voor het kennisgebied specifieke omstandigheden die verband houden met samenhang, dynamiek, en ontwikkeling in externe relaties in de analyse worden opgenomen. Er zijn relevante en interessante data op dit aspect verzameld, maar een objectieve c.q. intersubjectieve beoordeling is hier niet mogelijk. De resultaten van dit onderdeel bieden echter wel een goede basis voor het formuleren van relevante beleidsvragen.

In de drie case studies is uitvoering nagegaan hoe het criterium 'performance' kan worden geoperationaliseerd. Daarbij is gekeken naar zowel wetenschappelijke kwaliteit als maatschappelijke bruikbaarheid. De meest betrouwbare uitspraak over de kwaliteit van onderzoek is die door *peers*, een groep van onafhankelijke, maar directe collega's. Dit zijn de enige personen die het werk en de wereld waarin het werk functioneert, goed kennen. *Peer reviews* in de Nederlandse kennisinfrastructuur vinden plaats in het kader van de VSNU-onderzoeksbeoordeling, beoordeling door KNAW-commissies en in de wetenschappelijke audits van TNO en DLO. Deze bieden in principe een voldoende basis voor een beoordeling van de wetenschappelijke kwaliteit in het kader van de gewenste analyses. Probleem is echter dat het aggregatieniveau van de *peer reviews* (vakgroep, afdeling) hoger is dan die van de gekozen kennisgebieden (werkgroep, of deel van werkgroep). Dit geldt in mindere mate voor de toekenning van subsidies door bepaalde fondsen (NWO en STW-programma's). Deze kunnen als een kwaliteitskenmerk worden beschouwd; immers ook hier speelt *peer review* een belangrijke rol bij de beoordeling. Onze conclusie is dat peer reviews een zeer belangrijke bron voor kwaliteitsoordelen vormen. Bibliometrische technieken vormen, zoals de case Bodembioologie toont op basis van aanvullend onderzoek verricht door Sci-Quest, een belangrijke aanvulling daarop, zowel ter bevestiging van de resultaten van *peer reviews* als ter verkrijging van nieuwe inzichten. Kwalitatieve en kwantitatieve technieken zijn goed van elkaar te (onder-)scheiden en goed in combinatie toe te passen.

De analyse op het criterium 'Maatschappelijke bruikbaarheid' ondervond enkele praktische problemen. Maatschappelijke bruikbaarheid is een meerdimensionaal begrip omdat de criteria voor bruikbaarheid per doelgroep verschillen. De benodigde gegevens over de mate waarin de onderzoekers hun onderzoek in verschillende vormen afstemmen op de toekomstige gebruikers, gegevens over de mate waarin deze toekomstige gebruikers de resultaten zullen gebruiken, etc. zijn vaak niet voorhanden. In de tweede plaats ontbreken criteria waaraan, voor ieder terrein apart, de gevonden data getoetst zouden moeten worden. De analyse en vooral de beoordeling op het criterium 'Maatschappelijke bruikbaarheid' kan dus, in de context van deze sterkte-zwakte analyse niet objectief c.q. intersubjectief plaatsvinden. Dat neemt echter niet weg dat de genoemde aspecten van bruikbaarheid systematisch in kaart gebracht moeten en kunnen worden, daar ze belangrijke informatie opleveren die aanleiding kan geven tot beleidsrelevante vragen en acties. Ook hier vormt bibliometrisch onderzoek (met name publicatie- en citatiegedrag) een goede aanvulling op kwalitatieve beoordeling.

Informatie-analyse

In dit onderzoek werden meerdere technieken toegepast om de benodigde informatie voor afbakening en sterkte-zwakte analyse te verkrijgen. De *expertoordelen* bieden directe gegevens over de capaciteitsinzet en de systeemkenmerken. Aan de beoordeling van de kwaliteit van onderzoek door experts zitten zoals reeds aangegeven haken en ogen, gezien het beperkt aantal experts en de subjectieve oordelen over eigen werk. De beschikbare *onderzoeken* bevatten goede gegevens over de kwaliteit van het onderzoek, maar geen informatie ten behoeve van het vaststellen van de capaciteitsinzet (gegevens zijn veelal verzameld op een ander aggregatieniveau dan nodig voor dit project) of de systeemkenmerken. Uit beschikbare *documentatie* (jaarverslagen e.d.) zijn voornamelijk gegevens over de capaciteitsinzet (financieringsbronnen, fte's), de hoeveelheid contractonderzoek en samenwerkingsverbanden verkregen. In de door ons geraadpleegde *onderzoeksdata-banken* is geen informatie terug te vinden over de inzet van middelen of personeel, noch over systeemkenmerken. De EU-databank CORDIS is de enige die alle partners van de samenwerkingsverbanden daadwerkelijk noemt. Doordat de selectieprocedure van de STW inzichtelijker is dan die van de EU, biedt de databank Kennis Netwerk Access meer duidelijkheid over de kwaliteit van projecten die er vermeld staan.

Op basis van deze evaluatie kan een basismethodiek worden voorgesteld die bruikbaar is voor de sterkte-zwakte analyse van agro-kennisgebieden. Deze methodiek omvat aspecten die in de evaluatie moeten worden betrokken, en technieken met behulp waarvan informatie moet worden verzameld en geïnterpreteerd (zie samenvattende tabel).

Technieken voor datacollectie (tussen haakjes staan enkele aanvullende methoden en analyse-aspecten)

ASPECT	TECHNIEK	INTERVIEWS	DESK RESEARCH	BIBLIOMETRIEK	OVERIG
I: Afbakening		V	V		
II: Sterkte-zwakte analyse					
a. Kritische massa		V	V		
b. Systeemkenmerken		V	V	(V)	(expert workshop boardroom sessie)
c. Wetenschappelijke kwaliteit en maatschappelijke bruikbaarheid		V	V	(V)	(expert workshop boardroom sessie)
(Internationale vergelijking)		(V)	(V)	(V)	

In de case studies is gebleken dat bibliometrische technieken zoals door Sci-Quest toegepast een waardevolle aanvulling betekenen op onze vooral kwalitatieve en bibliografische aanpak. Enerzijds werden onze bevindingen in hoge mate bevestigd door het bibliometrisch onderzoek. Bovendien kwamen uit dit onderzoek enkele nieuwe aspecten naar voren, zoals bepaalde onderzoeksgroepen die niet in de case studie waren meegenomen.

Kwalitatieve en kwantitatieve technieken zijn goed van elkaar te (onder-) scheiden en goed in combinatie toe te passen. De meerwaarde dient echter zorgvuldig te worden beoordeeld; zo bleek uit het aanvullend onderzoek naar octrooigedrag ten behoeve van de case 'Biosensoren en biosignaalverwerking' dat dit kennisgebied te beperkt in omvang is voor een dergelijk onderzoek.

1. Inleiding

1.1. Doel van het onderzoek

Dit onderzoek beoogt na te gaan op welke wijze een systematische beoordeling van de kwaliteit van de Nederlandse kennisinfrastructuur op een aantal voor de agro sector strategische wetenschaps- en technologiegebieden (W&T-gebieden) kan plaatsvinden. De Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO) heeft behoefte aan een beoordelingsmethodiek die inzicht oplevert in de factoren die de relatieve sterkte van de agro-kennisinfrastructuur bepalen, en die op herhaalbare wijze toepasbaar is voor een groot aantal W&T-gebieden. Met behulp van deze methodiek kan de NRLO een beter inzicht verkrijgen in de W&T-kennisportfolio die de agro sector ter beschikking staat. Op basis hiervan kan de NRLO de richting aangeven waarin deze W&T-kennisportfolio zou moeten worden versterkt, gegeven toekomstige uitdagingen. Het onderzoek is gebaseerd op een drietal case studies: voedingsgedrag, bodembioïologie en (bio-)sensoren en signaalverwerking.

1.2. Aanleiding en achtergrond

De NRLO werkt sinds enige tijd aan de opzet en uitvoering van een W&T-verkenningenprogramma. Dit programma is gericht op het identificeren, in kaart brengen en analyseren van belangrijke W&T-gebieden en de betekenis daarvan voor de agro sector. Dit verkenningenprogramma wordt uitgevoerd voor de volgende deelgebieden:

1. Plantaardige productie, veredeling, verwerking, afzet.
2. Dierlijke productie, veredeling, verwerking, afzet.
3. Verwerking en afzet, humane voeding, gezondheid en kwaliteit.
4. Landelijk gebied.

Het W&T-verkenningenprogramma van de NRLO kent de volgende gefaseerde structuur:

- Fase 1 omvat de identificatie en beschrijving van relevante (prioritaire, perspectiefrijke) W&T-gebieden. Deze fase is in afronning.
- Fase 2 betreft de kwaliteitsbeoordeling, inclusief een sterkte-zwakte analyse van de W&T-kennisportefeuille die bestreken wordt door de Nederlandse agro-kennisinfrastructuur. Met name gaat het daarbij om de prioritaire W&T-gebieden die geselecteerd zijn in Fase 1. Het betreft zowel een analyse van de output van de kennisinfrastructuur -

de technologische en wetenschappelijke sterkte - als van de systeemkenmerken zoals aansturingsmechanismen, financieringswijze en netwerken.

- Fase 3 is gericht op de identificatie en beschrijving van W&T-gebieden die versterkt zouden moeten worden, inclusief de wijze waarop dat kan gebeuren, en is gebaseerd op de uitkomsten van Fase 2.

1.3. Vraagstelling en aanpak

De NRLO heeft TNO-STB gevraagd om in het kader van Fase 2 een haalbaarheidsstudie uit te voeren. In deze haalbaarheidsstudie moet een methodiek worden ontwikkeld waarmee beoordeling van de kwaliteit inclusief sterktes en zwaktes van de agro kennisinfrastructuur kan plaatsvinden gericht op geselecteerde W&T-gebieden. De methodiek zal worden getoetst aan de hand van drie concrete cases. Gekozen is voor de case studies 'Voedingsgedrag', 'Bodembiologie' en '(Bio-)sensoren en (bio-)signaalverwerking'. Resultaat dient een bruikbare methodiek te zijn voor de analyse van de kennisinfrastructuur in prioritaire W&T-gebieden. Deze methode moet zijn afgestemd op de beschikbaarheid en bruikbaarheid van informatie. Om die reden is ook een informatie-analyse uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de beschikbaarheid en bruikbaarheid van deze informatie. Het voorliggende rapport vormt het resultaat van deze haalbaarheidsstudie.

1.4. Overzicht van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt de analysemethodiek gepresenteerd. We gaan in op de gehanteerde terminologie en op de keuze van drie centrale criteria die in de evaluatie worden toegepast. Gezien de hoeveelheid en de verscheidenheid van de diverse geraadpleegde bronnen, is in hoofdstuk 2 een aparte paragraaf gewijd aan de analyse van de bruikbaarheid en beschikbaarheid van de informatiebronnen.

In hoofdstuk 3, 4 en 5 wordt de ontwikkelde methodiek achtereenvolgens toegepast op de W&T-terreinen Voedingsgedrag, Bodembioologie en (Bio-)sensoren en (bio-)signaalverwerking. Deze hoofdstukken kennen steeds dezelfde structuur. Om te beginnen bakenen we elk W&T-gebied af door middel van een beschrijving van relevante disciplines, centrale technologieën en toepassingsterreinen zodat duidelijk is waarover uiteindelijk een oordeel wordt geveld. Vervolgens wordt ingegaan op trends en ontwikkelingen in het W&T-gebied. Daarna wordt een beschrijving gegeven van de kennisinfrastructuur met de belangrijkste spelers en samenwerkingsrelaties. Aansluitend wordt de analyse van sterktes en zwaktes van de kennisinfrastructuur gepresenteerd op basis van de drie criteria. Afgesloten wordt

met een samenvatting van conclusies. In hoofdstuk 4, waarin de case studie over Bodembiologie wordt gepresenteerd, worden tevens de resultaten van een aanvullend bibliometrisch onderzoek gepresenteerd.

Hoofdstuk 6 bevat conclusies betreffende de uitkomsten van de analyse van de kennisinfrastructuur rond de drie geselecteerde W&T-gebieden, de aanbevelingen betreffende de ontwikkelde methodiek als resultaat van deze haalbaarheidsstudie, en een voorstel voor de gerichte toepassing van deze methodiek op overige W&T-gebieden die in Fase 1 zullen worden geselecteerd.

2. Methodiek en informatie-analyse

2.1. Methodiek voor de beoordeling van de kwaliteit van de agro-kennisinfrastructuur

In dit hoofdstuk wordt een methodiek beschreven voor een beoordeling van de kwaliteit van de Nederlandse kennisinfrastructuur op een aantal voor de agro sector strategische wetenschaps- en technologiegebieden.

In Nederland is sinds geruime tijd ervaring opgedaan met kwaliteitsbeoordeling van wetenschappelijk onderzoek. Sinds 1994 kent Nederland een Observatorium van Wetenschap en Technologie dat tracht om door middel van kwantitatieve indicatoren een beeld van de relatieve kwaliteit van de Nederlandse wetenschap en technologie te verkrijgen (NOWT, *'Wetenschaps- en technologie-indicatoren 1996'*, opgesteld door CWTS en MERIT). Daarnaast is er Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten (VSNU) die met enige regelmaat onderzoeksgroepen van universiteiten beoordeelt op de aspecten wetenschappelijke kwaliteit, wetenschappelijke productiviteit, wetenschappelijke relevantie en levensvatbaarheid. Beoordeling vindt plaats door een commissie, op basis van door universiteiten aangeleverd materiaal, interviews met programmadirecteuren en in een aantal gevallen ook van bibliometrisch onderzoek. Een goed voorbeeld is de publicatie *'An Analysis of Physics in the Dutch Universities in the Nineties'* (1996).

Recent heeft TNO-STB in opdracht van het ministerie van OC&W een onderzoek uitgevoerd waarvan de resultaten in het rapport *'De technologische Kennisinfrastructuur van Nederland'*, uitgegeven door OC&W, zijn gepubliceerd. Daarin wordt naast een beschrijving en evaluatie van de kennisinfrastructuur op een 16-tal brede technologieterreinen ('het kennisnetwerk') veel aandacht besteed aan de relatienetwerken tussen actoren in deze kennisinfrastructuur.

In het verkenningenprogramma van de Overleg Commissie Verkenningen (OCV) is de afgelopen jaren eveneens veel aandacht besteed aan systeemkarakteristieken van de Nederlandse wetenschappelijke en technologische kennisinfrastructuur, zoals 'levensvatbaarheid' en 'netwerken'.

Op basis van deze onderzoeken en een aantal door TNO-STB uitgevoerde evaluaties van Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma's (Landbouwbiotechnologie, Katalyse, Industriële Eiwitten en Koolhydraten) zijn de hoofdelementen vastgesteld die de basis vormen van de

methodiek die in deze haalbaarheidstudie wordt gebruikt. Het doel van de methodiek voor de beoordeling van de kwaliteit van de agro kennisinfrastructuur is het verkrijgen van inzicht in de factoren die de sterktes en zwaktes van deze kennisinfrastructuur in een specifiek W&T-gebied bepalen.

Uitgangspunt is een systeemvisie op kennisgeneratie. **Middelen** aan de inputzijde worden uiteindelijk getransformeerd tot W&T-onderzoeksresultaten aan de outputzijde. De output betreft zowel de 'statische' feitelijke **performance** als de potentiële toekomstige performance die bepaald wordt door onderliggende 'dynamische' **systeemkenmerken** van het proces van kennisgeneratie door de kennisinfrastructuur.

Zo komen we op de navolgende drie groepen van beoordelingsaspecten:

1. *Middelenpositie*. Hierbij gaat het om de input-zijde van het proces van genereren van W&T-onderzoeksresultaten door de kennisinfrastructuur. De nadruk bij de beschrijving van deze inputzijde ligt op de capaciteitsinzet en financiering van R&D. Inzicht in de middelenpositie leidt uiteindelijk tot inzicht in de kritische massa van onderzoek op een W&T-gebied.
2. *Systeemkenmerken*. Het proces van genereren van W&T-onderzoeksresultaten wordt gestuurd door systeemkarakteristieken van de kennisinfrastructuur, zoals financiële en beheersmatige aansturingsmechanismen, de netwerken voor samenwerking, en doorstromingsmechanismen van *human resources*.
3. *Performance*. De beschrijving van de output-zijde vindt plaats op basis van evaluatie van W&T-onderzoek door middel van indicatoren, die aanwijzingen geven over de prestaties van de betrokken onderzoeksgroepen. Daarbij gaat het vooral om wetenschappelijke kwaliteit en maatschappelijke bruikbaarheid.

Internationale vergelijking van de kwaliteit van de kennisinfrastructuur, hetgeen noodzakelijk is om tot relatieve en meer objectieve beoordeling te komen, kan op elk van deze aspecten plaatsvinden.

Deze drie groepen beoordelingsaspecten worden verder geoperationaliseerd door onderscheid te maken tussen criteria, indicatoren en data:

- *Criteria*. Hiermee worden de aspecten bedoeld die in de beoordeling van de kwaliteit van de kennisinfrastructuur bepalend zijn. Deze vallen grotendeels samen met de drie reeds genoemde groepen beoordelingsaspecten.

De groep 'Performance' is onderverdeeld in twee centrale criteria: 'wetenschappelijke kwaliteit' en 'maatschappelijke bruikbaarheid'.

De groep 'Systeemkenmerken' is vertaald naar het criterium 'Inbedding in netwerken'.

- *Indicatoren.* Dit zijn operationele maatstaven die hetzij objectief, hetzij subjectief vaststelbaar zijn en die (veelal in combinatie) inzicht verschaffen in de mate waaraan aan criteria wordt voldaan.

Zo geven de indicatoren 'Wetenschappelijke productiviteit' en 'Attractiviteit van het W&T-gebied' inzicht in de mate waarin voldaan is aan het criterium 'Wetenschappelijke kwaliteit'.

- *Data.* Op het meest concrete niveau zijn (kwantitatieve) gegevens nodig met behulp waarvan indicatoren zijn samen te stellen. Data betreffen onder meer capaciteitsgegevens, (co-)citaties en (co-)publicaties, aantallen octrooien e.d.

Op basis van bovenstaande systematiek kunnen uitspraken worden gedaan over de sterktes en zwaktes van de kennisinfrastructuur op specifieke W&T-gebieden. Doordat sprake is van zowel output- als systeemgerichte criteria, van zowel kwantitatieve als kwalitatieve data, en van objectief zowel als subjectief te verkrijgen gegevens is de vertaalslag van onderliggende gegevens via indicatoren naar eindconclusie over sterktes en zwakten nooit geheel éénduidig te trekken.

Resultaat van de analyse is veeleer een 'profiel' van de kwaliteit van de kennisinfrastructuur volgens een multicriteria-beoordeling.

Onderstaand wordt voor elk groep van beoordelingsaspecten aangegeven welke gegevens (indicatoren en data) nodig zijn om tot uitspraken te komen en hoe deze gegevens worden gehanteerd in het onderzoek.

(1) Middelenpositie: kritische massa

De capaciteitsinzet uitgedrukt in FTE's geeft een beeld van de "aanwezigheid" van de Nederlandse agro kennisinfrastructuur in het betreffende gebied. Van belang is daarbij, voor de belangrijkste 'spelers' in het veld, de personeelsformatie die werkzaam is in het betreffende W&T-gebied. Daarnaast wordt het type onderzoek - fundamenteel, strategisch of toepassingsgericht - en het type financiering - publiek, privaat - in kaart gebracht. Ook komen hier de meest relevante trends (groei, financieringsstromen, ontwikkeling in contractonderzoek) in R&D-bestedingen aan de orde. Zoveel mogelijk is nagegaan welke 'signalen' beschikbaar zijn die een indruk geven van kritische massa.

De vraag of er voldoende 'kritische massa' aanwezig is in een bepaald W&T-gebied kan niet uitsluitend beantwoord worden op basis van gegevens over de capaciteitsinzet, hier bepaald met behulp van cijfers over FTE's die in elk W&T-gebied worden ingezet.

Vergelijking met buitenlandse ervaringen - niet haalbaar in het kader van dit onderzoek - en expert-oordelen zijn hier wezenlijk. Ook de continuïteit van researchgroepen (vooral sterke centrale 'trekkers') is van groot belang. Samengevat zijn belangrijke indicatoren in tabel 2.1 aangegeven.

Tabel 2.1. Operationalisatie van de groep beoordelingsaspecten 'Middelenpositie'

CRITERIA	INDICATOREN	DATA	OPMERKINGEN
• KRITISCHE MASSA	• Capaciteit • Capaciteitsgroei (verwacht) • Continuïteit • Toegang tot financieringsbronnen • Omvang financieringsbronnen	• FTE-omvang • FTE-groei (verw.) • Samenstelling en omvang(sgroei) financiële stromen • Aantal en opvolging 'trekkers'	• Internationale vergelijking is wenselijk • Middelenpositie is deels kwantificeerbaar, deels (inter-) subjectief vaststelbaar

(2) Systeemkenmerken

De dynamiek van een W&T-gebied komt in hoge mate tot stand doordat diverse systeemkenmerken (zoals aansturingsmechanismen, netwerken en financieringsstructuren) op elkaar inspelen en resulteren in versterking of verzwakking van bestaande sterke en zwakke kanten van de kennisinfrastructuur. De systeemkenmerken van een W&T-gebied zijn moeilijk objectief vast te stellen. Enige kwantitatieve uitspraken over de dynamiek (het samenspel van factoren dat tot de uiteindelijke sterke en zwakke kanten leidt) kunnen gedaan worden op basis van de hoeveelheid samenwerkingsrelaties, de netwerken, het onderwijs en de aansturing door maatschappelijke en/of economische actoren.

Tabel 2.2. Operationalisatie van de groep beoordelingsaspecten 'Systeemkenmerken'

CRITERIA	INDICATOREN	DATA	OPMERKINGEN
INBEDDING IN NETWERKEN	• Sterkte van netwerken • Aantal netwerken • Invloed van netwerken • Positie in netwerken • Aansturingsmechanismen • Financieringsstructuren	• Co-publicaties • Co-citaties • Centrale actoren in netwerken • Deelname in netwerken • Doorstroming studenten	• Systeemkenmerken zorgen voor versterking/verzwakking van de middelenpositie

(3) Performance: Wetenschappelijke kwaliteit en maatschappelijke

De 'performance' van het onderzoek van de kennisinfrastructuur in een W&T-gebied valt uiteen in twee criteria: wetenschappelijke kwaliteit en maatschappelijke bruikbaarheid. De wetenschappelijke kwaliteit van het onderzoek wordt enerzijds bepaald door de *attractiviteit* van het verrichte onderzoek (internationaal aanzien, wetenschappelijke invloed gemeten op basis van citatie-gegevens), anderzijds door de *productiviteit* (gemeten op basis van het aantal publicaties ten opzichte van andere onderzoeksgroepen in het veld of het R&D-

budget per onderzoeker). Toepassingen en ook weer attractiviteit zijn grootheden die inzicht bieden in bruikbaarheid: de mate waarin externe partijen onderzoek bruikbaar vinden en of het onderzoek plaatsvindt in voor Nederland belangrijke technologieën. De aantrekkelijkheid van de toepassingen kan gemeten worden met cijfers over de hoeveelheid contractonderzoek in opdracht van derden, die door de onderzoeksgroepen wordt uitgevoerd. Ook het aantal octrooien en licenties biedt inzicht in de bruikbaarheid van het onderzoek, omdat er alleen tot kennisbescherming over wordt gegaan als het gaat om strategisch belangrijke onderzoeksgegevens.

Een tweede belangrijke input, naast bovengeschetste methodiek in de haalbaarheidstudie, is de beschikbaarheid en bruikbaarheid van de data op basis waarvan de sterkte-zwakte analyse kan worden uitgevoerd.

De uiteindelijke methodiek is het resultaat van het naast elkaar leggen en in overeenstemming met elkaar brengen van de hierbovengeschetste hoofdelementen enerzijds en de beschikbaarheid en bruikbaarheid van informatiebronnen anderzijds.

Tabel 2.3. Operationalisatie van de groep beoordelingsaspecten 'Performance'

CRITERIA	INDICATOREN	DATA	OPMERKINGEN
• Wetenschappelijke kwaliteit • Maatschappelijke bruikbaarheid	• Wetenschappelijke kwaliteit • Doorbraken • Reputatie / erkenning • Productiviteit • W&T-attractiviteit • Contract R&D	• Contract-R&D • (co-)publicaties • (co-)citaties • Octrooien • Licenties • Aantal formele posities • Deelname in erkende centres of excellence	• Attractiviteit omvat ook expert-meningen over marktattractiviteit van het W&T-gebied

2.2. Beschikbaarheid en bruikbaarheid van informatiebronnen

In deze paragraaf wordt nagegaan in hoeverre informatie beschikbaar en bruikbaar is voor uitvoering van de verschillende onderdelen van de sterkte-zwakte analyse. Om inzicht te krijgen in de aspecten van de kennisinfrastructuur in de agrosector die met de drie centrale criteria samenhangen (kritische massa, wetenschappelijke kwaliteit en bruikbaarheid, en systeemkenmerken) is een scala aan bronnen geraadpleegd. Nagegaan zou moeten worden welke bronnen uiteindelijk effectieve informatie zouden opleveren en tegen welke inspanning ze ontsloten zouden kunnen worden. In Tabel 2.4 is een voorlopige indeling gegeven van beschikbare informatie- en evaluatiebronnen. Deze opzet beschrijft per aspect de tools en bijbehorende basisbronnen die kunnen worden gebruikt. Dit overzicht kan aan de hand van navolgende bronnen-evaluatie verder worden ingevuld.

Tabel 2.4. Algemene opzet informatie-voorziening voor sterkte-zwakke analyse

TOOLS BEOORDELINGS- ASPECTEN	INTERVIEWS	DESK RESEARCH	DATABANK SEARCH	OVERIGE
1. MIDDELEN- POSITIE	Experts	Rapporten Jaarverslagen	Onderzoeks- databanken	Enquête
2. SYSTEEM- KENMERKEN	Experts	Rapporten	Publicaties Onderzoeks- databanken Octrooien/ Licenties	Workshop Boardroom
3. PERFORMANCE	Experts	Rapporten Jaarverslagen	Octrooien/ Licenties Publicaties Co-citatie	Workshop Boardroom Enquête

Uit het haalbaarheidsonderzoek komt naar voren dat er vier categorieën technieken zijn die bruikbare informatie voor de sterkte-zwakke analyse kunnen opleveren. Het betreft:

1. *Interviews*. Dit hulpmiddel is vooral geschikt om (inter-)subjectieve oordelen te verkrijgen over de kwaliteit van de kennisinfrastructuur en over de systeemaspecten. Experts zouden afkomstig kunnen zijn uit de kennisinfrastructuur zelf (peer reviews), uit de beleidswereld (inzicht in systeemaspecten) of uit de industrie (bruikbaarheid van onderzoek). De aard van de informatie kan zowel exploratief zijn en toetsend of validerend.
2. *Desk research*. In het verleden uitgevoerde studies en verkenningen kunnen inzicht opleveren in kwaliteit en bruikbaarheid van onderzoek of in systeemaspecten. Voorbeelden zijn: VSNU-kwaliteitsreviews, KNAW-reviews, OCV-wetenschaps- en technologieverkenningen e.d.
3. *Databanken*. Specialistische onderzoeksinformatiesystemen (NBOI, STW) en specifieke databases (octrooidatabanken) kunnen belangrijke informatie bevatten ten behoeve van evaluatie van de onderzoekskwaliteit. In veel gevallen moeten complexe bewerkingen op data worden uitgevoerd.
4. *Overige technieken*. Enquetes, workshops en (zo nodig elektronisch ondersteunde) brainstorm meetings kunnen waardevolle informatie opleveren ten behoeve van de evaluatie van de onderzoekskwaliteit en van systeemkarakteristieken.

Op enkele technieken willen we vanwege het evidente belang dieper ingaan. Deze zijn de volgende:

1. Onderzoeksinformatiedatabanken
2. Bibliometrische gegevens
3. Expertoordelen
4. Onderzoeksevaluaties
5. Documentatie

1. Onderzoeks-informatiedatabanken

Bij de beoordeling van de bruikbaarheid en beschikbaarheid van (on-line) databanken is het van belang te achterhalen hoe volledig de informatie is die er geboden wordt en hoe vaak de data geactualiseerd worden.

a) Nederlandse Onderzoek Databank

De Nederlandse Onderzoek Databank (NOD) van het Nederlands Bureau voor Onderzoek Informatie van de KNAW (NBOI) bevat informatie over lopend wetenschappelijk onderzoek in Nederland. Het NBOI streeft naar een centrale registratie van al het onderzoek en houdt de NOD-databank intensief bij. Op dit moment leveren ongeveer de helft van de universiteiten in Nederland op deze wijze gegevens aan. Ook zijn er samenwerkingsverbanden met enkele ministeries, PUDOC-DLO, de Koninklijke Bibliotheek, de bibliotheek van de TU Delft en met NWO. Ondanks dat er al een groot aantal partijen hun gegevens aanleveren, bevat de databank (nog) veel hiaten: de helft van de universiteiten en de onderzoeks-instituten ontbreken.

Voor de sterkte-zwakte analyse levert de NOD-databank beperkte informatie op. Er is bijvoorbeeld geen kwaliteitsoordeel gekoppeld aan een vermelding van een project in deze databank, noch is er informatie te vinden over eventuele partners in samenwerkingsverbanden. Wel bevat de databank project-beschrijvingen, gegevens over het onderzoeksteam en de begin- en einddatum van het project. Het uitvoeren van een dekkende doorlichting van de NOD is erg bewerkelijk. Dit kan alleen door een complete trefwoordenlijst op te stellen en er per trefwoord en per combinatie van trefwoorden door heen te gaan. Gezien de uiteindelijk bruikbaarheid van de informatie (capaciteitsdata), levert dat voor het doel van dit project te weinig gegevens op. We hebben de databank gescand op enkele trefwoorden per W&T-gebied, waarvan we zeker wisten dat ze relevante projecten zouden opleveren. In bijlage 1 is algemene informatie over de NOD opgenomen (inclusief alle zoekmogelijkheden) naast een aantal voorbeelden van projecten zoals die in de databank vermeld staan.

b) Kennis Netwerk Access (STW)

De databank Kennis Netwerk Access (KNA) van de Stichting voor de Technische Wetenschappen (STW) bevat de ruim 700 door STW gefinancierde onderzoeksprojecten en biedt informatie over STW Technologieprogramma's. Er staan gegevens in over de inhoud van de projecten, de te verwachten resultaten, de projectleiders, de missie van de programma's e.d.. De informatie in de databank wordt voortdurend up-to-date gehouden. De selectie van projecten door de STW is streng en gericht op de wetenschappelijke en de bruikbaarheidskwaliteit van het onderzoek, waardoor er een kwaliteitswaarborg hangt aan de projecten in de databank. De beoordeling wordt uitgevoerd door Nederlandse experts afkomstig van universiteiten, de ambtenarij en de industrie. Er is dus geen sprake van enige internationale benchmarking. Het doorlichten van deze databank is relatief bewerkelijk om dezelfde redenen genoemd bij de bovenstaande databank.

Na een korte doorlichting van de STW-databank (voor elk W&T-gebied twee relevante trefwoorden) bleken er twee programma's en twee projecten te zijn vermeld, die binnen de gekozen W&T-gebieden vallen (zie bijlage 2). De groepen die de twee vermelde projecten uitvoeren, worden hiermee voorzien van een direct positief oordeel op het vlak van wetenschappelijke kwaliteit en bruikbaarheid. Het gaat om TNO-Voeding (afd. Microbiologie, Dr. Koopal) en de Universiteit van Utrecht (vakgroep Moleculaire Celbiologie, Prof. Weisbeek). Sociaal-wetenschappelijk onderzoek wordt niet door STW gefinancierd en staat niet in deze databank. Dat maakt de bruikbaarheid van deze gegevens voor het W&T-gebied Voedingsgedrag gering.

c) CORDIS

De databank CORDIS bevat alle door de EU gefinancierde en gesteunde onderzoeksprojecten. De databank kan op alle mogelijke manieren onderzocht worden: via onderwerp, type uitvoerder, land, programma etc. De projectinformatie bevat een beschrijving van het project, het doel van het onderzoek, de looptijd en de projectleider en de contractanten. Voor dit project biedt de databank met name zicht op de netwerken, die zich gevormd hebben rond onderzoeksthema's omdat alle contractanten genoemd worden. De vermelding van een project in deze databank is een zeker kwaliteitsoordeel, omdat de EU bepaalde voorwaarden en eisen stelt aan het door haar gefinancierde onderzoek. Deze voorwaarden en eisen verschillen echter per programma, zodat er geen eenduidige uitspraken gedaan kunnen worden.

Voor elk van de drie W&T-gebieden hebben we de databank op enkele trefwoorden doorzocht. De scan geeft een eerste indruk over welke partijen er in Europa bezig zijn met bepaalde onderwerpen. bijlage 3 bevat de resultaten van deze doorlichting. Om een echt goed zicht te krijgen in de intensiteit van de samenwerking en de deelname van Nederlandse groepen aan Europese projecten, zou de databank doorzocht moeten worden voor elke individuele onderzoeksgroep. We hebben om de netwerken in kaart te brengen een effectievere manier gekozen, namelijk de direct betrokkenen gevraagd naar hun internationale onderzoeksactiviteiten.

2. Bibliometrische en bibliografische technieken

Door toepassen van bibliometrische technieken is een kwantitatieve analyse mogelijk van de wetenschappelijke kwaliteit en van de netwerken. Hierbij wordt gebruik gemaakt van gegevens die opgeslagen zijn in databanken, zoals publicatie-, auteurs- en citatiegegevens, en van technieken voor datamining en clustering. In veel gevallen is een combinatie van kwalitatieve bibliografische methoden (zoals inspectie van jaarverslagen) met kwantitatieve bibliometrische technieken zinvol. Het *Nederlands Observatorium voor Wetenschap en Techniek* (NOWT) waarin CWTS en Merit samenwerken, voert in opdracht van het ministerie van OC&W regelmatig analyses uit van de positie van de Nederlandse kennisinfrastructuur in vergelijking tot die van andere landen, op bepaalde wetenschaps-

en technologiegebieden. Voor een aantal onderzoeksvisitatie van de Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten (VSNU) (Biologie, Fysica, Chemie) is door het CWTS een kwantitatieve analyse verzorgd. Enkele van de mogelijke producten van bibliografisch en bibliometrisch onderzoek zijn de volgende¹:

- *Kartering van een wetenschaps- of technologiegebied.* Aan de basis liggen gegevens uit specialistische gegevensbestanden (bijvoorbeeld Chemical Abstracts, of octrooi-databanken). Vervolgens kan men publicaties selecteren op basis van woordfrequentie en co-woord analyse. Door toepassing van meerdimensionale schaling resulteert een visuele kaart.
- *In kaart brengen van netwerken.* Hierbij kan men uitgaan van gegevens uit jaar-verslagen of andere documenten. Ook kan men uitgaan van wetenschappelijke artikelen met co-auteurs.
- *Wetenschappelijke kwaliteit.* Hierbij kan men gebruik maken van artikelen die in tijdschriften zijn gepubliceerd die benut worden voor de Science Citation Index. Hierbij gaat het om de publicatie-activiteit en om de impact van publicaties. Door analyse van aantallen publicaties en toepassing van co-citatie analyse worden een aantal indices berekend die een maatstaf vormen voor productiviteit en kwaliteit.

De sterke punten van deze methodieken komen vooral tot uiting bij kartering en analyse van betrekkelijk omvangrijke wetenschaps- en technologiegebieden. Ook vormt de mogelijkheid om trends over een aantal jaren te reconstrueren een interessant aspect. Voor weinig omvangrijke wetenschaps- en technologiegebieden kunnen evenwel te weinig gegevens beschikbaar zijn om verantwoorde uitspraken te doen.

In het kader van deze haalbaarheidstudie is door het bedrijf Sci-Quest een bibliometrisch en bibliografisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van een van de case studies, Bodembioologie. De resultaten hiervan zijn in hoofdstuk 4 opgenomen.

3. Expert-oordelen

Gebruik maken van expertoordelen is een algemeen gebruikte methodiek om de wetenschappelijke kwaliteit van onderzoekers en onderzoeksgroepen te beoordelen. De beoordeling van de prestaties van onderzoeksgroepen is het beste door experts (collega's die ook mensen werkzaam in het betreffende veld) te geven.

¹ Zie voor methodiekbeschrijvingen o.a. Korevaar, Tijssen en Van Raan (1994) en de genoemde visitatie-rapporten.

In dit onderzoek zijn experts ook als belangrijke informanten gebruikt bij de datacollectie. De reden hiervoor was pure noodzaak: de geselecteerde W&T-gebieden zijn op een zodanig laag aggregatieniveau gekozen, dat er in de databanken en in veel documentatie geen informatie beschikbaar is.

De methodieken om op basis van expertpanels beoordelende uitspraken te verkrijgen over onder andere de kwaliteit van het werk zijn erg kosten- en tijdsintensief. Voorzover de resultaten van dergelijke panels beschikbaar waren, en in feite moeten we de VSNU-beoordeling en de DLO-visitatiecommissies en TNO-audits daartoe rekenen (zie hieronder), hebben we daarvan gebruik gemaakt.

Echter, we hebben in dit project met name veel gebruik gemaakt van de informatie, data en het oordeel van individuele experts. Een nadeel van deze aanpak is dat de oordelen een subjectief karakter hebben. Bovendien is het aantal experts dat zich op deze specifieke terreinen begeeft beperkt in aantal, waardoor volledig onafhankelijke oordelen niet realistisch zijn. Dit vraagt van de onderzoeker een vrij subtiel optreden in een proces van hoor en wederhoor. Dit heeft ons aldus de meest waardevolle informatie over omvang, netwerken en kwaliteit van het onderzoek opgeleverd.

In de case Voedingsgedrag is veel gebruik gemaakt van experts; alle sleutelhoogleraren zijn geïnterviewd. Bij de cases Bodembioïlogie en (Bio-) sensoren en signaalverwerking zijn enkele van de belangrijkste sleutelfiguren geïnterviewd/geraadpleegd. De medewerking was in alle gevallen constructief.

4. Onderzoeksevaluaties

Eén van de belangrijkste informatiebronnen van deze sterke-zwakte analyse waar het gaat om kwaliteitsbeoordeling van wetenschappelijk onderzoek, is het systeem van kwaliteits-evaluaties van de VSNU. De VSNU beoordeelt groepen op basis van door de universiteiten aangeleverd materiaal, interviews met programmadirecteuren en een vijftal kernpublicaties van een bepaald onderzoeksprogramma. De beoordelingscommissie wordt samengesteld door de VSNU en de KNAW en bestaat uit ongeveer acht buitenlandse en enkele Nederlandse wetenschappers. Het onderzoek wordt op een aantal aspecten beoordeeld.

In eerste instantie werden de programma's op drie aspecten beoordeeld²:

- Wetenschappelijke productiviteit.
- Wetenschappelijke relevantie.
- Levensvatbaarheid.

Daar zijn later wetenschappelijke kwaliteit³ en maatschappelijke relevantie⁴ aan toegevoegd. Bij de onderzoekbeoordelingen voor Biologie, Fysica en Chemie is gebruik gemaakt van bibliometrische analyses.

Bij kwaliteit wordt er voornamelijk gekeken naar de kwaliteit van de publicaties en de internationale aanwezigheid in het onderzoeksveld. Belangrijke indicatoren voor de productiviteit zijn: het aantal promoties, het aantal en de aard van publicaties in wetenschappelijke tijdschriften en boeken, het aantal octrooien en het aantal lezingen waarvoor

² Zie de onderzoekbeoordeling *Netherlands Biology in the Nineties* uit 1994.

³ Zie onderzoekbeoordeling *Economics* uit 1995.

⁴ Zie onderzoekbeoordeling *Earth Sciences* uit 1996.

men is uitgenodigd. Bij de beoordeling van de wetenschappelijke relevantie wordt gekeken naar de onderwerpen en methodieken van het onderzoek, het belang van het onderzoek voor de vooruitgang in de wetenschap en de mogelijke bijdrage aan de ontwikkeling van toekomstige vakgebieden. Maatschappelijke relevantie draait om de vraag in hoeverre het onderzoek bijdraagt aan de oplossing van brede maatschappelijke problemen. Ook de eventuele bijdrage aan professionele netwerken van gebruikers valt hieronder en de mate van succes in het verkrijgen financiering in het kader van de tweede en derde geldstroom. De levensvatbaarheid wordt gemeten aan de hand van de voorgenomen onderzoekplannen en de beschikbaarheid van leiderschap, middelen en personeel in de toekomst. Ook het publicatiebeleid, de samenhang in het onderzoekprogramma en de continuïteit in de uitgezette onderzoeklijnen zijn beoordeeld.

Lang niet alle groepen die werken aan programma's gericht op de drie geselecteerde W&T-gebieden, zijn geëvalueerd door de VSNU. Voor het W&T-gebied Voedingsgedrag blijft de VSNU-evaluatie beperkt tot een deel van het economisch/psychologisch georiënteerde onderzoek, waardoor er witte vlekken bestaan voor met name voedingsvoorlichting (aan de UM) en het gedragswetenschappelijk onderzoek van VLAG.

Voor Bodembioologie kon de VSNU-beoordeling in *Biology in the Nineties* (1994) en *Earth Sciences in the Netherlands* (1996) voor respectievelijk het biologische en aardwetenschappelijk onderzoek worden meegenomen. Echter de LUW, die met een aantal groepen in het bodembologisch onderzoek is vertegenwoordigd, was niet in de VSNU-operatie betreffende het biologisch onderzoek in Nederland meegenomen. Reden: de wijze waarop in Wageningen de Voorwaardelijke Financieringsprogramma's werden ingevuld was een geheel andere dan de rest van de universiteiten had gedaan.

DLO-Visitatiecommissies

Enkele jaren geleden is DLO begonnen om haar instituten te laten doorlichten door een visitatiecommissie (VC). Er moeten momenteel nog twee visitaties worden uitgevoerd; daarna wordt weer met een nieuwe ronde begonnen. Voor de eerste is al weer een herhaling gepland. Een visitatiecommissie bestaat uit buitenlandse deskundigen. De rapporten waarin de resultaten van de visitatie worden vastgelegd, verschillen sterk. Het gaat zowel om verschillen in criteria die door de VC worden gehanteerd, als in de wijze waarop het onderzoek tegen het licht worden gehouden. Het resultaat is dus ook sterk afhankelijk van de manier waarop de individuele commissies hebben gewerkt. Per visitatie wordt één instituut door gelicht en beoordeeld, maar ook op afdelingsniveau worden uitspraken gedaan. Er wordt met name op wetenschappelijke kwaliteit beoordeeld.

De inhoud van de rapporten is vertrouwelijk en voor de beoordeling van de drie geselecteerde terreinen hebben we er dan ook geen inzicht in gehad. Dit neemt echter niet weg dat DLO bereid is om wel enig inzicht te verschaffen, en er is een inventarisatie gemaakt van de procedures die daarvoor zouden kunnen worden gevolgd.

Opmerking. Met DLO-centraal (dr. T. Hutten) is afgesproken dat zodra de definitieve lijst met prioritaire gebieden uit fase 1 bekend is, NRLO met de directie van DLO kan bespreken op welke wijze zij van de resultaten van de Visitatiecommissies gebruik kan maken. Mogelijkheden:

NRLO, DLO en de onderzoeker komen tot afspraken over vertrouwelijkheid en deze mag de rapporten inzien;

NRLO en DLO komen tot afspraken over vertrouwelijkheid en NRLO mag de rapporten inzien;

De onderzoeker verschaft DLO een lijst met terreinen en vragen; deze gaat selectief kopiëren, c.q. scoren op basis van rapporten van de Visitatiecommissies.

TNO-kennisaudits

Ook TNO laat regelmatig een wetenschappelijke audit uitvoeren van de positie en prestaties van haar instituten. Recent is de Audit van TNO-Voeding gereed gekomen. In principe is de inhoud van de rapporten vertrouwelijk.

TNO-STB is op dit moment in overleg met TNO-centraal over de voorwaarden waaronder ze inzicht kan krijgen in de rapporten, ten behoeve van verschillende van haar projecten. Hiertoe behoort ook dit NRLO-project. Voor dit haalbaarheidsonderzoek waren de besprekingen nog niet zo ver gevorderd dat er al gebruik is gemaakt van de resultaten van de audits.

5. Documentatie

Ten behoeve van de afbakening, de omschrijving en de capaciteitsinzet van de W&T-gebieden is van een scala aan geschreven bronnen gebruik gemaakt: jaarverslagen, onderzoeksrapporten, evaluatierapporten, beleidsdocumenten etc.

In tabel 2.5 is de bruikbaarheid van de hierboven beschreven bronnen samengevat. Door arcering zijn de meest bruikbare technieken aangegeven. Belangrijkste conclusies zijn:

- In de onderzoeksdatabanken is geen informatie terug te vinden over de inzet van middelen of personeel, noch over systeemkenmerken. CORDIS is de enige databank die alle partners van de samenwerkingsverbanden daadwerkelijk noemt. De selectieprocedure van de STW is inzichtelijker dan die van de EU, waardoor er meer duidelijkheid is over de kwaliteitsaanduiding van projecten die vermeld staan in de databank.
- De expertoordelen bieden directe gegevens over de capaciteitsinzet en de systeemkenmerken. Aan de beoordeling van de kwaliteit van onderzoek door experts kleven haken en ogen gezien het beperkt aantal experts en de subjectieve oordelen over eigen werk.
- De onderzoekenbeoordelingen bevatten goede gegevens over de kwaliteit van het onderzoek, maar geen informatie ten behoeve van het vaststellen van de capaciteitsinzet (gegevens

zijn veelal verzameld op een ander aggregatieniveau dan nodig voor dit project) of de systeemkenmerken.

Voor het verkrijgen van inzicht in de capaciteitsinzet en ten behoeve van de gebiedsomschrijving bleken de wetenschappelijke jaarverslagen van de universiteiten (o.a. RUG, LUW, UT, TUD, EUR) slechts voor delen van de kennisinfrastructuur bruikbaar. Niet alle universiteiten maken deze gegevens voor iedereen toegankelijk. Telefonische navragen zorgde voor de nodige aanvulling. Ook andere jaarverslagen en onderzoekprogramma's bleken bruikbaar (o.a. van TNO-instituten, DLO-centraal en DLO-instituten, Onderzoekschool VLAG, het Mansholt Instituut, NUTRIM, Swoka, NIOO) evenals jaarverslagen die via Internet toegankelijk zijn (met name voor de inhoudelijke onderzoeksthema's van diverse buitenlandse groepen).

Ten behoeve van een beschrijving van de inhoudelijke ontwikkelingen en perspectieven in de geselecteerde W&T-gebieden is gebruik gemaakt van onderzoek van TNO-STB. Het betreft onder andere de *Technologieverkenning Signaalverwerking* (EZ, 1992) en de studie *'De technologische kennisinfrastructuur van Nederland'* (OC&W, 1996). Ook andere documenten leverden informatie hierover op, waaronder *'A technology map for Dutch business'* (1996) van Arthur D. Little, het OCV-rapport *Microsysteemtechnologie* (1996) en het STT-rapport *Microsystems* (1995). Grijs- en interne literatuur leverde veelal belangrijke informatie op over de beoordeling en ontwikkeling van onderzoek, zoals de voorstellen voor de Top-instituten, het middellange-termijnplan van TNO, NWO/STW programmabeschrijvingen.

Steeds meer documentatie is op Internet (World Wide Web, snel en selectief toegankelijk door middel van steeds intelligentere navigatiesoftware). In beperkte mate is gebruik gemaakt van Websearches teneinde buitenlandse researchcentra en hun lopende onderzoekprogramma's op de gekozen W&T-gebieden te identificeren.

Uit de documentatie hebben we voornamelijk gegevens over de capaciteitsinzet (financieringsbronnen, FTE's), de hoeveelheid contractonderzoek en samenwerkingsverbanden gehaald.

Tabel 2.5. *Bruikbaarheid van de bronnen*

BEOORDELINGS- ASPECT:	MIDDELENPOSITIE (o.a. aantal FTE's, financieringsbronnen en -wijzen)	SYSTEEM- KENMERKEN (o.a. samenwerkings- verbanden, contract- onderzoek, aansturings- mechanismen)	PERFORMANCE (o.a. aantal en soort publicaties, omvang contractonderzoek, beoordeling gebruikers)
BRON:			
<i>Onderzoeks- informatie-databanken:</i>	--	-/+	-/+
- NOD/NBOI	--	-	-
- KNA/STW	--	-	++
- CORDIS	--	+	+
<i>Bibliometrische analyses</i>	--	+	++
<i>Expertoordelen</i>	++	++	+
<i>Onderzoeksevaluaties</i>	-	--	++
<i>Documentatie</i>	++	+	+

Algemene conclusie is voorts dat een 'intelligente' combinatie van technieken nodig is om in een beperkte tijd zinvolle gegevens te kunnen verkrijgen.

3. Case 1: Voedingsgedrag

3.1. Inleiding

Het terrein vertoont meer de kenmerken van een maatschappelijk thema dan van een wetenschappelijke discipline of een technologie. Het onderzoek laat dan ook een breed spectrum van activiteiten zien, dat zich voornamelijk kenmerkt door haar multidisciplinaire karakter.

Een viertal brede onderzoeksrichtingen kunnen worden onderscheiden. Ten eerst wordt er in medische kringen onderzoek gedaan naar de oorzaken van ziekte als gevolg van bepaalde voeding. Ten tweede wordt in natuurwetenschappelijke kringen humane voedingspatronen bestudeerd om bijvoorbeeld te kunnen bepalen welke teelt- en verwerkingsmethoden optimaal zijn voor de gezondheid. Ten derde wordt er op sociaal-wetenschappelijk vlak onderzoek gedaan naar de determinanten van aankoop en consumptie van voeding. Het gaat hierbij hoofdzakelijk om culturele, economische, sociale en psychologische factoren. Ten vierde wordt er specifieke aandacht besteed aan de vraag hoe voedingspatronen kunnen worden beïnvloed, met het oog op een gezonde samenleving. Het bereiken van een optimaal voedingspakket voor de samenleving is een belangrijk doel van het onderzoek op het gebied van voedingsgedrag.

Naast de universiteiten en onderzoeksinstituten doet ook de industrie onderzoek op het gebied van voedingsgedrag en richt zich daarbij op het ontwikkelen van goed afzetbare en kwalitatief hoogwaardige producten.

3.2. Karakterisering

3.2.1. Afbakening

In overleg met de NRLO is gekozen voor een analyse van het sociaal-wetenschappelijk onderzoek naar de relatie tussen voeding en gezondheid. Dat betekent dat het medisch onderzoek en het natuurwetenschappelijk georiënteerde onderzoek buiten het bestek van de analyse valt.

Het onderzoek naar voedingsgedrag heeft een sterk multidisciplinair karakter. De volgende wetenschappelijke disciplines vormen de basis:

- Determinanten van consumptie van voedsel: psychologie, sensoriek.
- Determinanten van de aankoop van voedsel: economie (marketing, consumentengedrag, huishoudkunde).
- Gezondheid en voorlichting over voeding: voorlichtingskunde.

Vanuit de diverse disciplines worden uitspraken gedaan over het toepassingsgebied Voedingsgedrag. Van fundamenteel onderzoek is in dit W&T-gebied geen sprake.

3.2.2. Trends en ontwikkelingen in onderzoek

Globaal wordt er in Nederland een accent gelegd op onderzoek naar de vertaling van consumentengedrag naar eisen voor producteigenschappen en naar individuele/groepsgewijze voedingspatronen. Het valt op dat het onderzoek zich sterk richt op het algemeen belang van de consument en op de gezondheid van de mens. De specifieke belangen van de markt komen minder aan bod.

Meer specifiek komen de volgende onderwerpen naar voren in het huidige onderzoek naar voedingsgedrag:

- Voedselconsumptie en netwerken: hoe beïnvloeden familierelaties, kennissenkringen het eetpatroon?
- De relatie tussen verwachtingen, ervaringen en de keuze van voedsel.
- Variatiezoekend gedrag.
- Merkkeuzeprocessen.
- Kwaliteitsbeleving van consumenten: de factoren die voor consumenten kwaliteit bepalen (o.a. smaak, gezondheid, imago, merk, eco-productie, land van herkomst).
- Gevolgen van vervaging van consumentensegmenten voor marktonderzoek.
- Verwerken van inzichten in motieven achter voedselinname in manier van voorlichten.

Voor de nabije toekomst worden voorbereidingen getroffen voor de volgende onderzoeksthema's:

- *Functional foods*: met bepaalde voeding probeert men ziekten te voorkomen.
- Nieuwe technologie en voeding: bij voorbeeld teleshoppen, acceptatie van nieuwe voedselbereidingstechnieken.
- Trends in voedingsconsumptie: gemak, milieuvriendelijk, *grazing*.
- Positieve stimulansen als basis voor voedingsvoorlichting: nadruk op sensorische kwaliteit van voeding.

- Vergroten van effectiviteit van voorlichting door middel van persoonlijke terugkoppeling over voedingspatronen.

3.2.3. Internationale onderzoekslijnen

In het buitenland worden enkele specifieke onderwerpen naar voren geschoven, die in Nederland (nog) niet aan bod zijn gekomen, waaronder voedingsgedrag van jongeren en de invloed van voeding op de gemoedstoestand (denk aan: lijnen), beide in combinatie met de mogelijkheden die de bevindingen bieden om het voedingsgedrag te beïnvloeden.

Tabel 3.1. Afbakening en beschrijving van het W&T-gebied Voedingsgedrag

BESCHRIJVING	BELANGRIJKSTE SPELERS
• Sociaal-wetenschappelijk onderzoek naar determinanten van aankoop en consumptie van voeding • Onderzoek naar de beïnvloeding van voedingspatronen door middel van voorlichting	• Onderzoekscholen: VLAG (LUW), Mansholt Instituut (LUW), MENU (UM), ERASM (EUR) • Vakgroepen universiteiten: RUG-Marktkunde en marktonderzoek • TNO-Voeding • SWOKA/Research voor Beleid
STATE OF THE ART ONDERZOEKTHEMA'S	TRENDS ONDERZOEKTHEMA'S
• Vertaling van consumentengedrag naar producteigenschappen: b.v. kwaliteitsbeleving, verwachtingspatronen van consumenten • Determinanten van individuele en groepsgewijze voedingspatronen: b.v. voedselconsumptie en familierelaties • Effectiviteit van voedingsvoorlichting: inzicht in motieven achter voedingspatronen worden verwerkt in wijze van voorlichting	• Trends in voedingsconsumptie: gemak, milieuvriendelijkheid, "grazing" • "Functional foods" • Nieuwe technologie en voeding • Positieve stimulansen als basis voor voorlichting • Persoonlijke terugkoppeling van voedingspatronen

3.3. De kennisinfrastructuur

Bij de volgende onderzoeksgroepen bevinden zich de zwaartepunten in het onderzoek naar voedingsgedrag. De lijst is niet compleet. Her en der hebben individuele onderzoekers bij universiteiten zich gespecialiseerd vanuit hun oorspronkelijke discipline in voeding (bijvoorbeeld vanuit de sociologie).

Onderzoekscholen:

- VLAG (LU Wageningen): programma Nutrition, Lifestyle and Health: food and consumption studies om groepen met een onevenwichtig voedselpatroon te kunnen identificeren. Andere VLAG-programma's hebben een overwegend medisch en natuurwetenschappelijk karakter.
- Mansholt Instituut (LU Wageningen). Het Instituut richt zich op consumentengedrag (variatie-zoekend gedrag van mensen) vanuit het perspectief dat bedrijven in de agro-sector met deze informatie klantgerichter kunnen werken, maar ook om consumenten bij

te staan in hun keuze uit het overvloedige aanbod van levensmiddelen.

- MENU (Rijksuniversiteit Maastricht) doet op het gebied van voedingsgedrag onderzoek naar determinanten van voedingsgedrag en de effectiviteit van voorlichting. Een voorbeeld van een MENU-programma dat zich op deze onderwerpen richt is Determination and health effects of dietary habits and alcohol consumption, met onderzoekslijnen op het gebied van voedingsgedrag van gezinnen, overgewicht en drankgebruik. Andere MENU-programma's hebben medische componenten.
- ERASM (EUR). Aan de EUR wordt het consumentengedrag bestudeerd vanuit een bedrijfseconomische invalshoek. Beïnvloeding van beslissingsprocessen van consumenten en advies op het gebied van marketing management zijn belangrijke thema's.

Overig:

- RU Groningen (Marktkunde en marktonderzoek): economische modellenbouw rond consumentengedrag.
- TNO-Voeding (Consumentenstudies en Epidemiologie): beleidsrelevante studies van voedings- en consumentengedrag, sensorisch onderzoek, beheer van databanken (bijvoorbeeld voedselconsumptiepeilingen).
- SWOKA/Research voor Beleid: sociale aspecten van voedingsgedrag (bijvoorbeeld acceptatie van biotechnologie in voeding, milieu en voeding, functional foods).
- Private R&D: alle grote bedrijven in de voedingsmiddelenindustrie hebben groepen die marktonderzoek doen en zoeken naar manieren om voedselpatronen te beïnvloeden. Een voorbeeld van zo'n groep is Consumer Science van Unilever.

De capaciteitsinzet in dit W&T-gebied is relatief beperkt (zie tabel 3.2). Het aantal full time equivalenten (fte's) zal naar verwachting stabiel blijven of licht stijgen. De meeste vakgroepen hebben een fifty-fifty verdeling tussen de eerste en derde geldstroom. De derde geldstroom betreft vooral door medische stichtingen en het bedrijfsleven gefinancierde leerstoelen en door LNV, VROM, TNO of de EU gefinancierde AIO-plaatsen. Wat de tweede geldstroom betreft financiert de NWO in een enkel geval een OIO-plaats.

3.4. Sterkte-zwakte analyse

3.4.1. Kritische massa

Het onderzoek naar voedingsgedrag is verdeeld over een groot aantal kleine onderzoeksgroepen. Bovendien zijn er hier en daar individuele onderzoekers aan het werk op het gebied van voedingsgedrag vanuit heel andere basisdisciplines dan hier genoemd. Door

onderlinge concurrentie van de vakgroepen blijft de bundeling van krachten beperkt.

Tabel 3.2. Capaciteitsinzet en geldstromen Voedingsgedrag

VAKGEBIED	INSTELLING	HOOGLERAAR	CAPACITEIT	GELDSTROOM
Kwantitatieve modellering consumentengedrag	RUG-FdEW Bedrijfs-economie Marketing en Markt-onderzoek	Prof. Wedel	2 (1997) ¹	?
Vertaling van determinanten van voedingsgedrag naar effectieve interventie	UM-Onderzoekschool MENU/FdGW, Vakgroep Gezondheidsvoorlichting	Prof. G. Kok	3,5 (1997) ²	Vrijwel 3
Beslissingsprocessen van consumenten	EUR Faculteit der Bedrijfskunde Marketing management	Prof. Van Raaij	3,0 (1996) ³	?
Programma Humane Voeding	LUW-Onderzoekschool VLAG/Vakgroep humane voeding	Prof. Hautvast	8 (1997) ⁴	1 en 3 fifty-fifty
Marktonderzoek Versproducten	LUW-bijzonder hoogleraar	Prof. Steenkamp		3
Sensoriek	LUW-bijzonder hoogleraar	Prof. Kroeze	0,2 (1997) ⁵	3
Consumentengedrag en Productontwikkeling	LUW-Mansholt Instituut/Vakgroep marktkunde en marktonderzoek	Prof. Meulen-berg	8 (1997) ⁶	1 en 3 fifty-fifty
Consumentenbelangenbehartiging	SWOKA	Mw. Hamstra	3 (1997) ⁷	n.v.t.
Beleidsrelevante studies Voedingsgedrag	TNO Voeding	Dr. Löwik	22 (1996)	2/5 overheid, 3/5 bedrijfsleven

1. Bron: Interview
2. Bron: Homepage UM Internet en interview.
3. Bron: Assessment of research in management, ERASM, 1997, p. 75
4. Bron: Interview
5. Bron: Telefonische informatie
6. Bron: Interview
7. Bron: Telefonische informatie
8. Bron: TNO-MLTP 1996-2000

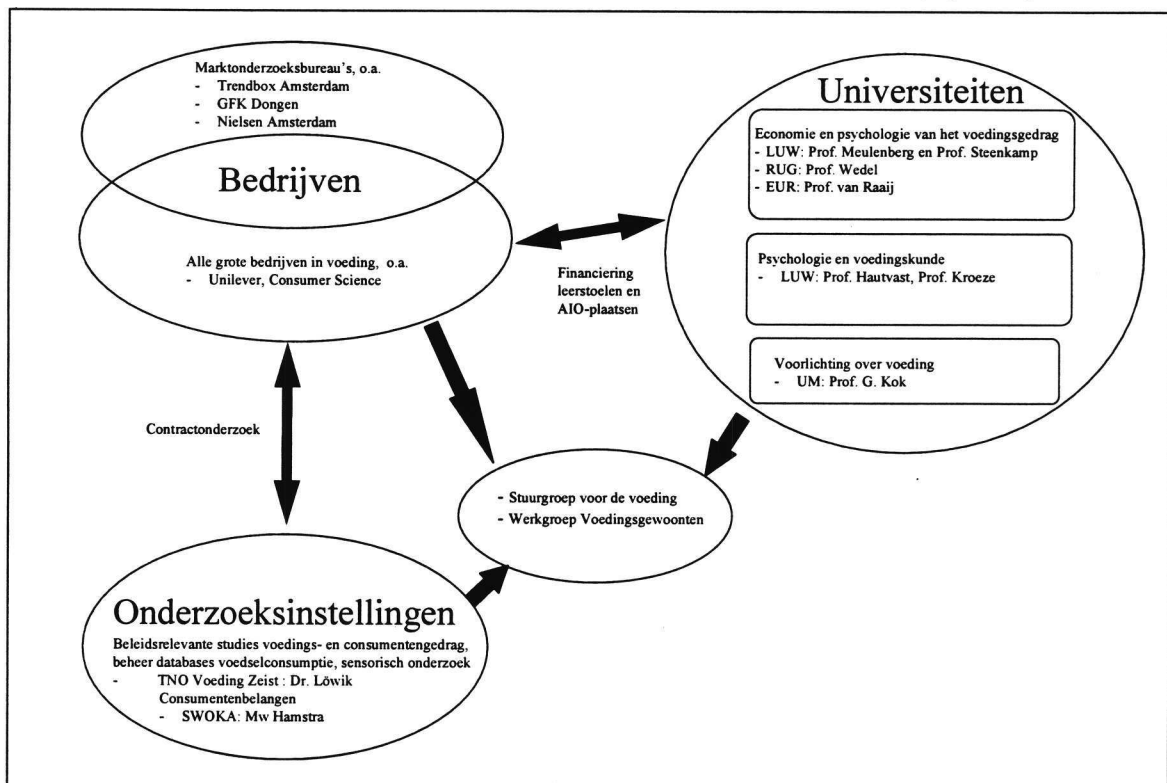
3.4.2. Systeemkenmerken: netwerken

Er zijn geen formele onderzoeksnetwerken op het gebied van voedingsgedrag, wel in de onderliggende wetenschappelijke disciplines zoals marketing. Enkele samenwerkingsrelaties:

- Binnen VLAG samenwerking tussen de LUW, UU, KUN, DLO, TNO en NIZO: voornamelijk technologisch georiënteerd onderzoek, relatief weinig aandacht voor sociaal-wetenschappelijke onderwerpen.
- Begeleidingscommissies van promovendi bestaan uit hoogleraren van diverse groepen: een effectieve manier om geregeld met elkaar in contact te blijven.

- De Werkgroep Voedingsgewoonten verzorgt twee keer per jaar lezingen en presentaties. De werkgroep heeft een roulerend voorzitterschap. Er worden onderzoekers en gebruikers van onderzoek uitgenodigd: aardige manier om van elkaar te weten wie welk onderzoek doet, maar leidt niet tot enige bundeling van krachten.
- Nieuw programma Verantwoorde voeding van NWO-medische wetenschappen in de maak: kan leiden tot hogere prioritering van onderzoek voedingsgedrag.
- De Stuurgroep voor de Voeding is een maatschappelijk gericht overlegorgaan van waaruit de landelijke campagnes gecoördineerd worden. Zowel de overheid als het bedrijfsleven en het Voedingscentrum nemen hieraan deel. De stuurgroep zet heel af en toe wat onderzoek uit maar speelt gezien het gebrek aan programmeringskracht en de beperkte middelen geen rol van betekenis voor de kennisinfrastructuur.
- In Europese onderzoeksprogramma's werd en wordt internationaal samengewerkt, bijvoorbeeld in Euronutrition (tachtiger jaren) en nu in SENECA (ouderen en voeding). Verder is internationale samenwerking zeldzaam omdat het onderzoek nationaal gefinancierd wordt.

Figuur 3.1. geeft een overzicht van de kennisinfrastructuur rond Voedingsgedrag.



Bron: TNO-STB

Figuur 3.1. Kennisinfrastructuur Voedingsgedrag

Hoewel de groepen elkaar wel tegenkomen is er geen sprake van daadwerkelijk gezamenlijk onderzoek. Het gebrek aan samenwerking vloeit voort uit de moeite die de vakgroepen hebben dit type onderzoek gefinancierd te krijgen; er is sprake van sterke concurrentie (o.a. MENU en VLAG). De belangrijkste wederzijdse contacten lopen via promovendi, die gezamenlijk begeleid worden. Een gevolg hiervan is dat de diverse wetenschappelijke disciplines en experts, die zich bezighouden met voedingsgedrag elkaar te weinig ontmoeten hoewel ze over dezelfde fenomenen uitspraken doen.

De niet-universitaire partijen spelen een bescheiden rol in het onderzoeksnetwerk. TNO richt zich relatief sterk op de overheid als klant en voert kleinschalig onderzoek uit voor het bedrijfsleven. Het onderzoeksprogramma kan zich meten met dat van de universiteiten. SWOKA/Research voor Beleid doet mee met het Werkoverleg Voedingsgewoonten en doet incidenteel onderzoek op het gebied van consumentenbelangen in voeding. Men schat in dat dit type onderzoek van groot belang gaat worden in de toekomst; met name thema's als gezondheidsclaims van voeding en de acceptatie van nieuwe productiemethoden staan bovenaan de agenda van het hele veld.

3.4.3. Systeemkenmerken: aansturing van onderzoek

Het binnenhalen van contractonderzoek van behoorlijke omvang is geen sinecure voor de groepen: er is behoefte aan het bijeenbrengen van mogelijke financiers om sturing gekoppeld aan een redelijk niveau van inzet van middelen mogelijk te maken. Op dit moment staat onderzoek op het gebied van voedingsgedrag te laag bij mogelijke financiers op de agenda en zijn de bestaande overlegondes uiteindelijk zonder resultaat gebleven.

Bovendien worden gedragswetenschappelijke onderzoeksvoorstellen op het gebied van voeding door natuurwetenschappers en medici beoordeeld, waardoor de prioritering laag blijft. Al met al blijkt dat er geen sprake is van een gezamenlijke strategische onderzoeksprogrammering. De aansturing komt primair vanuit de individuele vakgroepen aan de universiteiten en is daarom gericht op de ontwikkeling van de eigen wetenschappelijke discipline.

3.4.4. Wetenschappelijk kwaliteit van de kennisinfrastructuur

Slechts een beperkt deel van het onderzoek is geëvalueerd door in- of externe partijen:

- Het onderzoek aan de RUG kreeg de hoogste waardering in de onderzoekbeoordeling van de VSNU in 1995 en werd als één van de beste marketinggroepen in Europa betiteld. De groep is evenwel als geheel beoordeeld, het geen betekent dat er niet specifiek naar het onderzoek op het gebied van voedingsgedrag is gekeken.
- Het onderzoeksprogramma aan de EUR over consumentengedrag levert volgens de VSNU waardevolle wetenschappelijke bijdragen en bevat excellente elementen.

- Het Mansholt Instituut (LUW) presteerde volgens de VSNU gemiddeld.
- TNO-Voeding heeft bij een interne (vertrouwelijke) evaluatie geconcludeerd dat het onderzoek in de periode 1996-2000 overgaat van de groeifase naar de fase van volwassenheid en dat er sprake is van een gunstig tot sterke technologische positie met een gemiddelde attractiviteit voor het bedrijfsleven.

3.4.5. Maatschappelijke bruikbaarheid

Het onderzoeksveld staat het meest in dienst van het algemeen belang van de consument en van de gezondheid van de mens. De belangen van de markt zijn veel minder in beeld, wat een reden kan zijn voor de industrie om bijna geen sociaal-wetenschappelijk contract-onderzoek te laten uitvoeren door de publieke kennisinfrastructuur.

Uit het voorstel voor een Technologisch Topinstituut Voedingstechnologie blijkt dat er brede steun aanwezig is in de industrie. Het plan leunt sterk op het bestaande netwerk van de industrie, de universiteiten, TNO, DLO en NIZO.

De beleidsmakers maken gebruik van de kennisinfrastructuur. Ministeries als LNV, VROM en de EU zetten veel onderzoek uit en financieren het merendeel van de AIO-plaatsen. Ook TNO financiert onderzoek mee in de vorm van gezamenlijke AIO-plaatsen.

3.4.6. Internationaal perspectief

Wanneer we de onderzoeksprogramma's van enkele als vooraanstaande instituten in het buitenland bekijken, dan blijkt dat er over het algemeen vergelijkbare vraagstukken naar voren te komen. Op het snijvlak van consumentengedrag, marktonderzoek en productontwikkeling wordt met name gezocht naar manieren om de afzet van producten te verhogen. Toch komt de werkelijke koppeling tussen voedingsgedrag van groepen en individuen en de implicaties voor productontwikkeling niet sterk naar voren: er is sprake van een relatief aanbodgerichte onderzoeksaanpak. In Wageningen wordt deze belangrijke koppeling wel gemaakt: vanuit het voedingspatroon van de mens (de vraagzijde) wordt bijvoorbeeld advies gegeven over innovatiestrategieën van o.a. productschappen.

Op het gebied van voedingsgedrag en voorlichting gaat het zowel in het buitenland als in Nederland om het verbeteren van de communicatie tussen consumenten en voorlichters om het voedingspatroon te optimaliseren. In het buitenland ligt de nadruk op de consument, die op de gezondheidsrisico's van zijn eetgedrag gewezen moet worden. In Nederland wordt veel aandacht besteed aan een alternatieve benadering van voorlichting. Het uitgangspunt is de belangstelling van de consument voor zijn gezondheid, waarop ingespeeld wordt met voorlichting die rekening houdt met motieven voor voedselkeuze. De beste buitenlandse onderzoekers bevinden zich in het VK (Institute of Food Research, Reading en

University of Leeds). Ook in België (Leuven), Denemarken (MAPP in Aarhus) Finland, Noorwegen en de VS (Pennsylvania State University, Austen in Texas) bevinden zich sterke groepen op het gebied van consumentengedrag.

3.5. Conclusies

Het onderzoek naar voedingsgedrag vindt op vrij veel verschillende plaatsen op betrekkelijk kleinschalige wijze plaats en komt voort uit toepassingen vanuit diverse basisdisciplines. De dynamiek in het onderzoeksveld ontstaat vanuit de toeleverende disciplines, met name vanuit de marketing en toegepaste psychologie. Er bestaat ruimte om de inzichten vanuit de basisdisciplines verder uit te werken en toe te passen op het gebied van voedingsgedrag.

De koppelingen tussen de diverse vakgebieden zijn te beperkt om een vruchtbare bodem te vormen voor nieuwe en creatieve inzichten:

- Er moet meer aandacht komen voor de kennis die aanwezig is in de medische hoek over voeding en gezondheid. Deze kennis kan tot nieuwe impulsen leiden voor de marketing van voeding en voor voedingsvoorlichting.
- Er is meer input nodig vanuit de algemene marketingtheorie om het marketingonderzoek op het gebied van voeding te stimuleren.
- Er is ruimte om sensorisch, medisch en voorlichtingsonderzoek beter te combineren: lekker en gezond als invalshoek.

Het onderzoeksprogramma van het Technologisch Topinstituut Voedselwetenschappen heeft een technologische invalshoek. Sociaal-wetenschappelijk onderzoek is niet opgenomen in het onderzoeksprogramma. Hierdoor ligt nieuwe samenwerking tussen bijvoorbeeld groepen van TNO en de LUW voor de hand. In de sociaal-wetenschappelijke hoek zou gezocht kunnen worden naar samenwerking tussen meer toepassingsgerichte onderzoeksgroepen van LUW en bijvoorbeeld TNO en LEI-DLO.

De aansturing door gebruikers (industrie, maatschappelijke organisaties zoals het Voorlichtingsbureau voor de Voeding) is gering. De industrie financiert zelf haar (vertrouwelijke) onderzoek en besteedt relatief weinig uit aan de publieke kennisinfrastructuur. De oorzaak ligt waarschijnlijk in de orientatie van het onderzoek in Nederland: de belangen van de markt zijn er ondergeschikt aan die van het algemeen belang van de consument en de gezondheid van de mens. Ministeries als LNV en VROM en de EU financieren lange termijn onderzoek maar stellen zelden inhoudelijke eisen aan het onderzoek. Ook medisch georiënteerde stichtingen (b.v. Suikerstichting, KWF e.d.) stellen leerstoelen ter beschikking, maar ook daar is vrijwel geen sprake van inhoudelijke aansturing.

Er is ruimte om medische en technologische kennis beter te combineren met sociaal-wetenschappelijk onderzoek. Er is zeer veel kennis aanwezig in de eerste twee gebieden, maar echte doorstroming en samenwerking komt niet van de grond. De medische wereld heeft andere prioriteiten dan onderzoek op het gebied van voedingsgedrag en bedrijven concentreren zich op de voor hen strategisch minder gevoelige onderwerpen om samen te werken zoals de technologische kant van voeding.

Tabel 3.3. Samenvatting sterkte-zwakte analyse Voedingsgedrag

CRITERIUM	BEOORDELING	STERKTE	ZWAKTE
Kritische massa	+/-	Kleine gemeenschap die elkaar kent	Versnippering van onderzoek en verloop in vakgroepen als gevolg van gebrek aan langere termijn financiering
Systeemkenmerken	-	Werkgroep Voedingsgewoonten om kennis uit te wisselen	Gebrek aan sturing en financiering en koppeling tussen deze twee Geen sociaal-wetenschappelijk onderzoek in TTI Voeding
Wetenschappelijke kwaliteit	+	Inhoudelijke lijnen: • koppeling voedingsgedrag en productontwikkeling • positieve stimulansen als basis voor voedingsgedrag	Tekort aan samenwerking en koppeling tussen diverse disciplines
Maatschappelijke bruikbaarheid	+/-	Sterk toepassingsgericht onderzoek	Weinig contract-onderzoek voor industrie

4. Case 2: BodembioLOGIE

4.1. Inleiding

De bodem wordt gekarakteriseerd door de hoge verhouding tussen vaste stof enerzijds en vloeibare en gasvormige stoffen anderzijds. Dat levert een aantal kenmerken op:

- voorkomen van biologische activiteit (hot spots en cold spots). geringe beweeglijkheid;
- sterke absorptie;
- heterogeniteit, c.q. ad random verdeling in de grond of te wel de afwezigheid van zich herhalende ruimtelijke patronen (dit levert problemen op bij monsternamen en analyse eraan: terwijl op microscopisch niveau materiaal is verzameld, worden vaak op basis daarvan 'macroscopische' uitspraken gedaan), en daarmee samenhangend;
- sterk geaggregeerd.

Doordat deze kenmerken van de bodem het gedrag van de levende wezens sterk beïnvloedt, is bodembioLOGIE een op zichzelf staand kennisgebied⁵. Echter, met name door de ernst van de milieuproblematiek en de hoge prioriteit die dat in onderzoeksprogramma's heeft gekregen enerzijds, en de ontwikkelingen op het terrein van de ecologie anderzijds, heeft de bodemecologie zich ontwikkeld en heeft daarmee een eigen plaats in de ecologische wetenschappen gekregen. De bodembioLOGIE is in het kader daarvan vooral sterk in interactie getreden met niet-biologische disciplines, zoals de bodemkunde, bodemchemie en hydrologie.

4.2. Karakterisering

4.2.1. Afbakening

BodembioLOGIE kenmerkt zich, net als de andere onderdelen van de ecologische wetenschappen, als een terrein dat zowel een wetenschappelijke als een toepassingscomponent heeft. Het steunt op een aantal wetenschappelijke disciplines: microbiologie, zoölogie, fysiologie, moleculaire biologie, ontwikkelingsbiologie, ecologie en wiskunde (geostatistiek: statistische technieken die zijn ontwikkeld om bodemgegevens te verwerken, statistische

⁵ Bij tijd en wijle wordt er een discussie gevoerd over de vraag of bodembioLOGIE zich ook met onderwaterbodems moet bezighouden (waterverzadigde bodems waarin verhouding van vast, vloeibaar en gas heel anders is).

bewerking is nodig vanwege heterogeniteit).

Het type onderzoek in Nederland - voorzover dat uit de beperkte bronnen die voor deze analyse zijn geraadpleegd is op te maken - is toepassingsgericht wetenschappelijk onderzoek. Er zijn uiteraard in de onderzoeksgemeenschap onderzoekers die meer naar de fundamentele pool neigen (wat opvalt is het hoge aantal bijzondere hoogleraren) en sommige die juist meer naar de toepassingspool neigen, maar mede gezien het feit dat het Wageningse onderzoek meer toepassingsgericht is (zie ook VSNU-beoordelingen), ligt daar het zwaartepunt.

4.2.2. Trends en ontwikkelingen in onderzoek

Traditioneel werd er binnen de bodembioïogie een onderscheid gemaakt in twee gebieden: de zoölogie en de microbiologie. Echter de laatste jaren is, door de opkomst van de ecologische wetenschappen, er de trend tot integratie van benaderingen. In plaats van een organisme staat in het onderzoek veelal een bepaalde stofstroom (bijvoorbeeld de stikstofkringloop) of een probleem (bij voorbeeld een bodemverontreiniging met bepaalde groepen verbindingen) centraal.

Op dit moment wordt er binnen het bodembioïologisch/-ecologisch vooral aandacht besteed aan:

- Theorievorming over hoe levensgemeenschappen en populaties (plantenpathogenen herkennen planten, etc.) met elkaar interacteren/communiceren. Hierbij worden ecologische modellen van voedselketens toegepast, onder andere wordt aan de stabiliteit van deze systemen gerekend.
- Toepassing en gebruik van nieuwe moleculaire biologische technieken om meer bodem micro-organismen te leren kennen. Op dit moment kent men minder dan 5% van de micro-organismen in de bodem. De rest kan men nog niet leren kennen, omdat deze met de huidige kennis en technieken niet zichtbaar gemaakt kunnen worden. Een nieuwe methode is om uit de grond rond de plantwortel direct DNA te isoleren en dat te vergelijken met DNA's uit databanken. Hierdoor kunnen soorten/types micro-organismen worden geïnventariseerd.
- Onderzoek naar verschillende nieuwe typen symbioses: bacterie - schimmels, bacterie - nematoden. (de symbiose bacterie - plant was bekend van het stikstofbindend bacterie *Rizobium* en eiwitrijke planten).

Toekomstige trends in het bodembioïologisch c.q. bodemecologisch onderzoek zijn:

- De bodem als ecosysteem. Door de verschillende typen interacties (organisch materiaal van bladafval en wortels, uitwisseling van gassen met de atmosfeer, de invloed van

plantenwortels op nutrientendynamica en de hydrologische beïnvloeding), moet de bodem als een onderdeel van een ecosysteem worden beschouwd. Het snijvlak van bodembio­logie met de disciplines bodemchemie, bodemkunde en hydrologie is een veld vol innovaties, met nieuwe tijdschriften etc.

- De erkenning van de rol van *ecological engineers* in voedselwebben. Uit onderzoek blijkt dat binnen de bodemlevensgemeenschappen enkele dominante soorten een bepalende invloed hebben op de snelheid van systeemprocessen (mineralisatie van voedselwebben, structuur van levensgemeenschappen). De modellering van voedselwebben leidt niet alleen tot nieuwe theoretische inzichten in de stabiliteit van eco-systemen, maar is ook een stimulans voor experimenteel laboratorium- en veldonderzoek.
- Feedback vanuit bodemecotoxicologie. De ecotoxicologie houdt zich bezig met de effecten van potentieel toxische stoffen en steunt daarbij op het fundamenteel bodembiologisch onderzoek. Echter het ecotoxisch onderzoek leidt ook weer tot nieuwe voor de bodembio­logie interessante inzichten (micro-evolutionaire processen en stabiliteit van voedselwebben).

Tabel 4.1. Afbakening en beschrijving Bodembio­logie

BESCHRIJVING	BELANGRIJKSTE SPELERS
• het gedrag van levende wezens in de bodem	• enkele universitaire groepen (incl. LUW-vakgroepen) • DLO-instituten (AB, IPO, IBN) • TNO-MEP • ingenieursbureaus
STATE OF THE ART	TRENDS
• theorievorming over interactie van levensgemeenschappen en tussen populaties van organismen • mol.biol. technieken voor onderzoek van nieuwe bodemorganismen • typen symbioses	• integratie van bodembio­logie in oecologie, interactie met bodemkunde, bodemchemie en hydrologie • rol van ecological engineers in voedselwebben • feedback vanuit bodemecotoxicologie

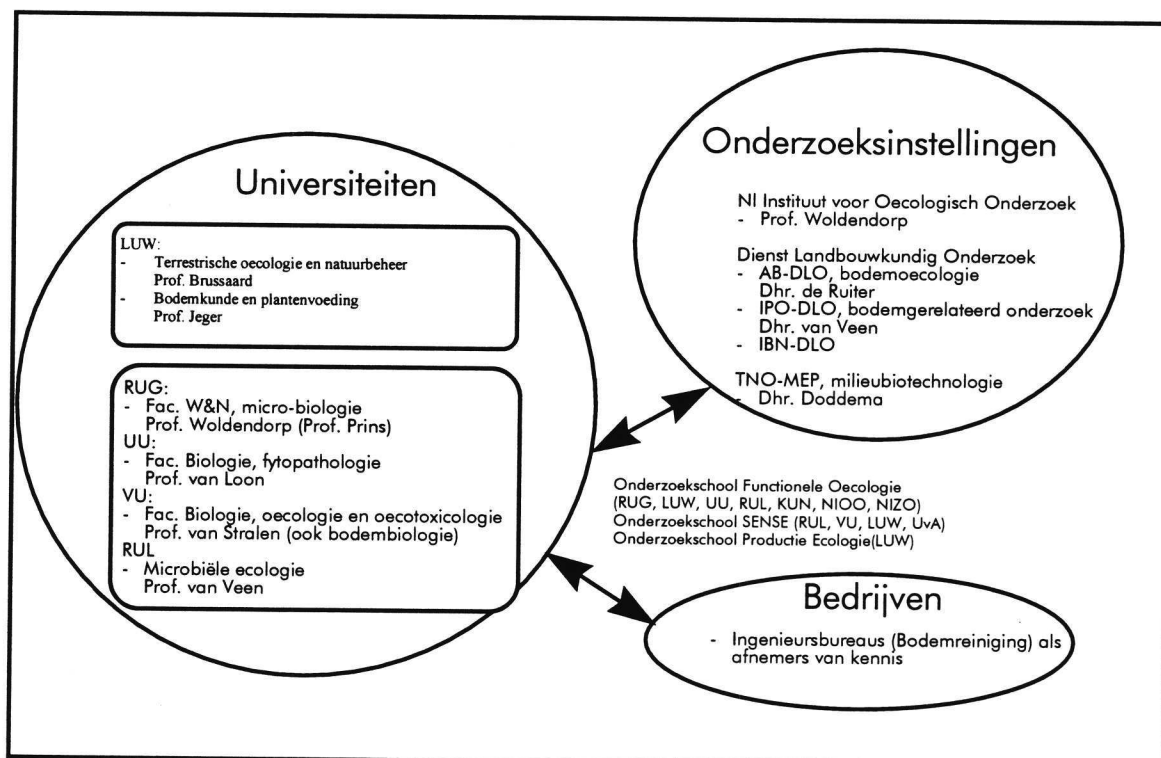
4.3. De kennisinfrastructuur

In tabel 4.2 zijn de onderzoeksin­stellingen, universiteiten en andere insti­tuten opgenomen waar bodembio­logisch/-ecologisch onderzoek wordt verricht. Er is een belangrijke groep van bedrijven die gebruik maken van de resultaten van bodembio­logisch onderzoek of betrokken zijn bij onderzoeksprogramma's. Dit zijn de ingenieursbureaus die de (biologische) bodemreining uitvoeren. Daarnaast doen ook producenten van zaad en gewasbeschermingsmiddelen enige mate van bodemgerelateerd onderzoek.

Tabel 4.2. Overzicht van de bodembiolegroepen in Nederland

INSTELLING/VAKGROEP	HOOGLERAAR	CAPACITEIT (# FTE's)
LUW/terrestrische oecologie en natuurbeheer	Brussaard, enige leerstoel bodembiolegie/-ecologie, zoöloog	< 10
LUW/ Fytopathologie	Jeger	5 à 7
KUN	Laanbroek, bijzondere hoogleraar (NIOO, Centre for Limnology)	1
NIOO, Centre for Terr. Oecologie	Woldendorp	27, incl. staf (1995)
RUG/Fac.W&N, microbiologie	Woldendorp (Prins, bijzonder hoogleraar)	1 à 2
UU/Fac.Biologie/Fytopathologie	Van Loon	8,7 (gem. over 5 jr.)
VU/Fac.Biologie/Oecologie en oecotoxicologie, ook bodembiolegie	Van Straalen Ernst Eijsackers (bijzonder hoogleraar)	7 (wet.med) + 8 (aio's)
VU/Vakgroep Microbiële Fysiologie	Verseveld	1 à 2
RUL/Microbiële ecologie	Van Veen, bijzonder hoogleraar	3
AB-DLO/Bodemoecologie	De Ruiter	8 ('96)
IPO-DLO/bodem gerelateerd onderzoek	Van Veen	25 à 30 ?
IBN-DLO		5 à 6
TNO-MEP/Milieubiotechnologie	Doddema	10 ('97)
TOTAAL		110 à 125

Figuur 4.1. bevat een overzicht van de kennisinfrastructuur rond het terrein Bodembiolegie/-ecologie.



Figuur 4.1. Kennisinfrastructuur Bodembiolegie/-ecologie

Financiering van het onderzoek

Van het universitaire onderzoek wordt 80 à 90% door de overheid, direct (eerste geldstroom) of indirect via de tweede geldstroomgeld gefinancierd. Bij de DLO-instituten ligt dat op 70 à 80%. Hier gaat het om basis- en programmafinanciering; beide afkomstig van het Ministerie van LNV. Het 3e-geldstroomonderzoek c.q. contractonderzoek komt van Nederlandse en Europese programma's, van bedrijven en van Productschappen (het 'oude' Productschap voor Siergewassen, en in tweede instantie andere Productschappen).

Er is een aantal Nederlandse onderzoeksprogramma's waarin het bodembologisch onderzoek wordt gestimuleerd. Het afgeronde Speerpuntprogramma (interdepartementaal LNV, V&W en VROM) is opgevolgd (smalspoor voortzetting) door een kleiner Stimuleringsprogramma Geïntegreerd Bodemonderzoek (PGBO) gericht op instandhouden van de kennisinfrastructuur, verankering van bereikte resultaten en toepassing van ontwikkelde kennis. Daarnaast is er het ICES programma NOBIS gericht op bio(techno)logische bodemreiniging. Hierin participeren vooral ingenieurbureaus en provinciale overheden. Tenslotte wordt, mede als voortzetting van NOBIS, op initiatief van EZ interdepartementaal nagedacht over een groot nieuwe bodemprogramma vooral gericht op de bodem in het stedelijke gebied; daarnaast is er ook plaats voor de bodem in het landelijk gebied (verantwoord landgebruik, natuurontwikkeling op verontreinigde grond). Het kan een groot programma worden als ook de zogenaamde probleemhebbers (industrie, provinciale en regionale overheden) er in willen investeren.

Er is een groot aantal EU-programma's waarin bodembologen/-ecologen participeren: vooral milieu en ecotoxicologische programma's. Nu deze bijna zijn afgerond kan geconstateerd worden dat de bodemonderzoekers in de richting van het klimaatveranderingsonderzoek opschuiven; daar is nu een aantal nieuwe EU-programma's.

4.4. Aanvullend bibliometrisch onderzoek

Door Sci-Quest is in het kader van deze haalbaarheidsstudie een aanvullend bibliometrisch onderzoek verricht waarvan de resultaten in deze paragraaf worden samengevat.

4.4.1. Wetenschappelijke Productie/Output

Publicatiecijfers

De wetenschappelijke productie van de Nederlandse bodembologen is op een aantal manieren in beeld gebracht. In de eerste plaats via de publicatiecijfers. Uit searches in de Science Citation Index (SCI) blijkt dat de omvang van de Nederlandse bijdrage aan SCI-publicaties in de onderzochte periode (1993-1995) behoorlijk groeit. In 1994 gaat het om

een groei van 16 % ten opzichte van het jaar daarvoor, in 1995 zelfs 28 %. Ter vergelijking, de groei van alle Nederlandse publicaties in de Science Citation Index bedroeg in 1994 en 1995 iets meer dan 6 %.

Het is niet eenvoudig hiervoor een verklaring te geven. Omdat de analyse zich heeft beperkt tot publicaties in de SCI zou verondersteld kunnen worden dat meer inspanningen zich richten op een wetenschappelijk publiek. Deze veronderstelling wordt echter niet zonder meer ondersteund door de in 4.2 opgenomen karakterisering van het veld die stelt dat het onderzoek 'toepassingsgericht' is.

De top van meest publicerende auteurs komt goed overeen met de bevindingen van zoals vermeld in 4.2. Er is geen opvallende in- of uitstroom van auteurs waar te nemen. De lijst is bovendien stabiel door de jaren heen. Er is haarscherp een aantal centrale hoogleraren en werkgroepeliders te onderscheiden aan de hand van de publicatie-aantallen. In de sectie 'netwerken en clusters van samenwerking' zijn deze centrale onderzoekers terug te vinden in de positie van 'kennisbrokers' in het veld.

Tijdschriften

De tijdschriften waarin de Nederlandse bodembiologen publiceren zitten vooral in de categorieën⁶ 'Agriculture and Soil' en 'Plant Science'. Daarnaast vinden we 'Marine and Fresh water biology' tamelijk frequent. Minder vaak gaat het om: 'Agriculture', 'Biotechnology and applied microbiology', 'Environmental science' en 'Ecology'. De thematische sterke aanwezigheid van het 'Water' onderzoek hangt samen met een nummer van 'Hydrobiologia' in 1993 waarin veel onderzoekers uit dit veld publiceren. De thematische analyses met behulp van co-woord analyse onderstrepen dat het systematisch onderzoek van de bodem-plant interacties ('soil', 'effect', 'model', 'plant', 'growth', 'nutrient', 'uptake', etc.) in de eerste plaats aan agro thema's is verbonden: 'crop', 'wheat', 'food', 'potato', 'rice', enz.

Ook uit de cited tijdschriften komt naar voren dat de 'bodem'- 'plant' interacties naast het water de belangrijkste thema's van onderzoek vormen.

Referenties

De referenties in de Nederlandse publicaties (Sci-search 1993-1994-1995) geven een indicatie van de bronnen waaruit wordt geput voor het onderzoek. Dit "archief" blijkt nogal heterogeen, dat wil zeggen dat maar weinig publicaties in deze drie jaar meer dan 1 maal worden geciteerd. (slechts 12 %). Bij de belangrijkste 'bronnen' bevinden zich enkele

⁶ Classificatie van de tijdschriften aan de hand van de 'Subjectcategory listing' in de Journal Citation Reports (sectie van de SCI waarin tijdschriften worden ingedeeld naar wetenschappelijk (sub)veld).

Nederlandse publicaties. Dat indiceert dat Nederlands onderzoek regelmatig aansluit bij voorgaand Nederlands onderzoek (Kooistra MJ, Brussaard L, Lebbink G, De Ruiter PC, om slechts de namen uit de top tien te noemen die ook als auteur zijn gevonden in de bodembio-logie).

Publicatiemedia

De referenties geven ook een inzicht in de relevante publicatie media: Het veld laat een karakteristieke mengeling van verschillende media zien: naast een meerderheid van wetenschappelijke artikelen zijn ook handboeken, manuals, reference guides, technische rapporten, monografieën en dissertaties duidelijk aanwezig. Deze karakteristieke mengeling van publicatie-media is ook aangetroffen bij de analyse van de jaarverslagen. In dit bestand zijn alle publicatiemedia meegenomen. Naast de SCI-‘source journals’ gericht op het internationale wetenschappelijk publiek verschijnen veel rapporten (zowel intern als in opdracht), abstracts, vakpublicaties, dissertaties en handboeken, technische rapporten, monografieën en andere boeken. Tevens zijn bijdragen zichtbaar aan de formulering van wetenschapsbeleid.

Functies van het kennissysteem

Zowel uit deze ‘referenties’ als uit de publicatiemedia blijkt dat in de bodembio-logie alle functies van het kennissysteem worden ingevuld:

- onderzoek uitvoeren gericht op vraagstukken van de internationale onderzoeksgemeenschap;
- standaardiseren van kennis in handboeken en technische rapporten;
- verspreiden en toepassing van kennis door contractonderzoek voor verschillende opdrachtgevers en vakbladen.

Naast interne rapporten (met name in natuurbescherming en bosonderzoek) worden er verschillende rapporten in opdracht of in samenwerking met partners gevonden. Bijvoorbeeld met het RIVM, de Grondmij, DGW Rijkswaterstaat, de EU, Wetenschaps-winkels, de Provincie Flevoland en TNO.

Vrij hoog op de frequentielijst staan verschillende vakbladen waarin de bodembio-logen publiceren. Niet geheel verbazingwekkend in de Nederlandse Agrosector blijkt de professionele (Agro) groeperingen een vrij dominant publiek voor de onderzoekers. Tevens worden via bijvoorbeeld artikelen in landelijke dagbladen bijdragen geleverd aan popularisering van het terrein.

- opleiden van een behoorlijk aantal promovendi;
- bijdragen leveren aan de discussie over het wetenschapsbeleid (Speerpunt Programma Bodem).

4.4.2. Impact van wetenschappelijke artikelen

Citaties van Nederlandse bodembio­logie publicaties: impact

Bij vragen ten aanzien van de impact (of zichtbaarheid) gaat het om de invloed die Nederlandse onderzoekers uitoefenen op de internationale gemeenschap. Met andere woorden, wie merkt de Nederlandse auteurs op, wie verwijst er naar Nederlandse artikelen? De analyse had betrekking op het bestand SCI-search 1993 (de publicaties van 1993). Dit is het meest recente jaar waarvoor een 'citatievenster' van drie jaar (94, 95, 96) kan worden gehanteerd. Dat is gebruikelijk voor de zogenaamde *short term impact*. Het aantal malen wordt geteld dat de SCI-search 1993 artikelen in de jaren 1994, 1995 en 1996 worden aangehaald door de internationale gemeenschap.

Uit de analyse blijkt dat de invloed van de Nederlandse artikelen ongeveer overeenkomt met de gemiddelde impact voor dit veld (dat wil zeggen van de tijdschriftenset). Er is wel een zekere spreiding te zien, die overeenkomt met wat men zou verwachten op grond van argumenten die de institutionele achtergrond van auteurs betreffen. De universitaire groepen en het KNAW instituut NIOO publiceren over het algemeen in tijdschriften met een hogere impactfactor dan de DLO-groepen.

Het is duidelijk dat een weging van deze bevindingen niet zo eenvoudig is. Over het algemeen moet men voorzichtig zijn met oordelen over de *impact*, aangezien zowel het aantal publicaties als de impact factor van het tijdschrift van invloed is.

Internationale publiek

Door te bepalen welke buitenlandse (en binnenlandse) groepen regelmatig naar publicaties van de Nederlandse groepen verwijzen is het internationale wetenschappelijk publiek in kaart gebracht (*citing-cliques*). Er werden veel enkelvoudige verwijzingen van groepen naar de publicaties van Nederlandse groepen (SCI-search 1993) gevonden.

De Nederlandse groepen die als ingang zijn gebruikt, verwijzen niet erg regelmatig naar publicaties van andere ingangsgroepen. Er zijn hierop twee uitzonderingen:

- de zeer intensieve relatie tussen het LUW vakgroep Bodemwetenschappen en Geologie en AB-DLO (afdeling Haren, voorheen IB-DLO);
- het centrum Terrestische Ecologie en het centrum Limnologie beide van het NIOO.

Hiermee wordt een bevinding op grond van de Nederlandse auteurs in de top tien van de referentielijsten enigszins gerelativeerd. Het is niet zo dat het Nederlandse onderzoek structureel naar elkaars werk verwijst, maar er zijn wel enkele centrale publicaties aan te wijzen die veel worden aangehaald. Daarnaast verschijnen enkele andere Nederlandse groepen in beeld die naar de ingangsgroepen verwijzen.

Buitenlandse groepen verwijzen zelden vaker dan vijf maal naar de publicatiesets (1993) van de Nederlandse groepen (in de periode 1994-1995-1996). De uitzonderingen zijn:

- Colorado State University, National Resource Ecology Lab USA naar de AB-DLO Haren/LUW Bodemkunde en Geologie-combinatie.
- Britisch Geological Survey/Wallingford Oxford en het Institut Pflanzen Ernährung van de Universiteit Hohenheim naar het vakgroep Bodemkunde en Plantenvoeding van de LUW.
- Het Zoölogisch instituut van de Universiteit van Frankfurt naar de NIOO instituten.
- Het Centre for Environmental Change Research van het University College London naar IBN-DLO.

In de belangstelling van de buitenlandse groepen voor het Nederlandse bodembologisch onderzoek zijn derhalve niet erg veel duurzame relaties te ontdekken.

4.4.3. Netwerken en clusters van samenwerking

Samenwerking

De bodembologen werken veel samen. Het blijkt dat 56 % van de publicaties meer dan 1 adres heeft, ongeveer 20% daarvan vermeldt 3-5 adressen. De DLO-instituten hebben gemiddeld het hoogste aantal co-publicerende groepen per publicatie, daarna volgen de LUW-groepen.

De samenwerking tussen de Nederlandse groepen onderling is door onderzoek van persoonlijke relaties in kaart gebracht. De analyse is uitgevoerd voor de documentenset 'Jaarverslagen 1993' waarbij de onderzoeksgroepen konden worden onderverdeeld naar secties of programma's. Secties of groepen worden verbonden door het voorkomen van dezelfde auteur in publicaties van beide groepen. Conceptueel wordt daarmee een scala van persoonlijke relaties tussen groepen gevat: samenwerking; mobiliteit en dubbele aanstellingen.

De analyse onderstreept de bevindingen van eerdere analyses scherp: de Nederlandse bodembologie is sterk verweven. Die verwevenheid is het resultaat van vele personele relaties. Uit de analyse blijkt dat er 185 *brokers* in de set te vinden zijn die ten minste twee secties verbinden. Deze 185 *brokers* leggen 427 relaties. Daarbij zijn ook de relaties tussen secties en departementen binnen instituten meegenomen. Een grote groep van 80 *brokers* overschrijdt de grenzen van het instituut. Het grootste deel daarvan doet dat incidenteel, slechts 11 *brokers* verbinden instituten bij ten minste 2 publicaties.

De verwevenheid lijkt dus het resultaat van een grote bewegingsvrijheid voor de meeste onderzoekers. Deze onderzoekers verbinden alle typen onderzoeksgroepen: NIOO, Universiteit en DLO. Deze bevinding suggereert dat in de bodembioogie onderzoekers (mensen) belangrijkere media zijn voor de circulatie van kennis en vaardigheden van meer fundamenteel naar toegepast dan de tekstuele productie in de vorm van artikelen (er wordt immers niet structureel naar elkaar verwezen).

Uit de analyse van de thematische structuur van het onderzoek komt ook een groep onderzoekers naar voren die thematische dimensies in het onderzoek verbinden. Wanneer die groep in verband wordt gebracht met de auteurs die meer dan twee maal in 1993 de grenzen van het instituut overschrijden dan blijken de volgende onderzoekers de belangrijkste *knowledge brokers* in het veld: Van Veen JA, Laanbroek HJ, Van Straalen NM en Brussaard L (de laatste sterker op het terrein van samenwerking -dubbele aanstelling- dan inhoudelijk).

Clusters

De samenwerkingspatronen zijn gebruikt om netwerkanalyses van het veld uit te voeren. Daarbij zijn de clusters van onderzoeksgroepen vastgesteld die ten minste bij drie publicaties samenwerken in de periode 1993 t/m 1995.

De volgende clusters zijn gevonden:

- A. een agro-bodem-plant cluster;
- B. een (buitenlands) microbiologie cluster;
- C. een ecotoxicologie cluster;
- D. een bos- en natuurbeschermingscluster.

De Nederlandse groepen verspreiden zich over de clusters A, C en D.

- Het centrum van Cluster A bestaat uit de LUW groep Bodemkunde en Geologie en AB-DLO Haren en het Staring Centrum van DLO (SC-DLO?). In de periferie van dit cluster bevinden zich vrijwel alle overige LUW-groepen en de DLO-groepen met uitzondering van IBN-DLO. In dit cluster treffen we ook de twee duidelijke internationale samenwerkingsverbanden aan met het International Rice Research Institute in Manila en het Forest Ecosystem Research Centre van de Universiteit van Göttingen.
- Cluster B bestaat uit buitenlandse instituten die onderling sterker samenwerken dan met de Nederlandse groepen.
- Cluster C heeft de VU groep Ecologie en Ecotoxicologie met het Toxicologisch onderzoeksinstituut van de Universiteit van Utrecht als centrum, daaraan in het Koninklijk

Instituut voor de Tropen en de Faculteit Biologie van de University Kristen Satya verbonden.

- Cluster D bevat de IBN-DLO groepen, de NIOO-groepen en het LUW-groep Nature Conservation komt centraal binnen. Tevens is de University Lancaster Institute Environment & Biological Science gerelateerd aan deze groep.

In de clusters worden slechts drie buitenlandse instituten aangetroffen die in de onderzochte periode van drie jaar meer dan drie maal co-publiceren met het Nederlandse veld. Dat onderstreept de bevindingen van het internationale publiek. Zowel in de citeerrelaties tussen groepen (zichtbaarheid) als de co-publiceerrelaties van groepen (samenwerking) blijkt het Nederlandse onderzoek een weinig uitgesproken positie in te nemen.

4.4.4. Thema's van onderzoek en onderzoekslijnen

Bibliometrische technieken, in het bijzonder co-woordanalyse en factoranalyse, kunnen een benadering geven van de thematische structuur van een onderzoeksveld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van trefwoorden of titelwoorden in de documentenset. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat deze woorden en hun samen voorkomen in titels een inhoudelijke indicatie zijn voor de onderzoekslijnen. Er is gebruik gemaakt van de titelwoorden in de SCI-search sets 1993, 1994 en 1995.

In de eerste plaats blijkt er een verrassend sterke codificatie te bestaan in het onderzoek. Kennelijk zijn er duidelijk centrale vraagstukken die door de jaren heen in continuerende onderzoekslijnen worden onderzocht en met gelijke woorden aangeduid. Dominant in het onderzoek is de relatie tussen de bodem en planten en plantengroei.

De samenhang van de woorden in de co-woord analyse suggereert dat het bodembologisch onderzoek in de eerste plaats in verband staat met agro aspecten: 'Grassland', 'Crop', 'rice', 'yield'. Vervolgens is de milieuproblematiek herkenbaar: 'traffic', 'car', 'pollution', 'heavy', 'metal', etc. Bosbouw is in aparte lijnen zichtbaar, bijvoorbeeld: 'Scot', 'Pine', 'Stand'.

Om te zien welke auteurs thematisch iets met elkaar te maken hebben, is gekeken naar overeenkomsten in citatie-patronen. Uitgangspunt is dat wanneer auteurs regelmatig uit hetzelfde tijdschrift citeren, er een cognitieve overeenkomst bestaat tussen die auteurs (tijdschriften zijn tamelijk stabiel in hun disciplinaire en thematische aandacht).

De factoranalyse laat een factorstructuur zien met enkele duidelijk onderscheiden dimensies in de positie van onderzoekers in het veld van de Nederlandse bodembioecologie. De meeste onderzoekers horen in sterke mate bij een van die dimensies (of factoren). Verschillende onderzoekers hebben echter ook affiniteit met andere dimensies naast degene waar ze het

sterkst bijhoren (13 van 41 auteurs in de set). Deze onderzoekers leggen daarmee een inhoudelijke relatie.

Uit de bevindingen kan geconcludeerd worden dat groepen auteurs die op dezelfde positie voorkomen ten opzichte van de tijdschriften, vrij sterk samenvallen met de bestaande onderzoeksgroepen.

Dit is een indicatie voor het bestaan van een heldere profilering van de onderzoekslijnen van de groepen onderling. Daarnaast is er (het is al eerder ter sprake gekomen maar we ontkomen niet aan enkele kruisverwijzingen) een grote groep auteurs die affiniteit hebben met verschillende posities en zo relaties leggen tussen de helder geprofileerde dimensies in het onderzoek (*knowledge brokers*).

4.4.5. Internationale vergelijking

De Nederlandse bodembioïogie is vergeleken met 6 Europese landen. Het gaat om drie grote onderzoekslanden (Engeland, Duitsland en Frankrijk) en drie kleinere (Zweden, Zwitserland en Denemarken). Als we naar de totale nationale wetenschappelijke output voor zover opgenomen in de SCI kijken, dan hoort Nederland in deze set tot de kleinere landen.

Er is een set van 19 tijdschriften geanalyseerd, die representatief zijn voor publicaties in de bodembioïogisch en daar sterk aan gerelateerd onderzoek. Uit de internationale vergelijking van publicaties in deze set tijdschriften blijkt dat Nederland de meeste publicaties uitbrengt. Nederland kan zich zowel in absolute aantallen als wat betreft groei door de jaren meten met de grote landen. Ook als we de twee Nederlandse tijdschriften (wel Engelstalig) niet meenemen blijft Nederland een koploper.

Als we kijken naar de verhouding tussen deze zeven landen voor wat betreft het aandeel bodembioïologisch en daar aan gerelateerd onderzoek in de totale output per land, dan zien we dat Nederland relatief veel onderzoek heeft. Het Nederlandse aandeel ligt op bijna 2%, terwijl voor de overige landen dat aandeel ligt tussen ongeveer een half en een heel procent.

4.5. Sterkte-zwakte-analyse

4.5.1. Kritische massa

Het bodembologisch onderzoek is over een aantal Nederlandse onderzoeksgroepen verdeeld. Hoofaccent van het universitaire onderzoek ligt bij de VU en de LUW, daarnaast is het NIOO als onderzoeksinstituut het belangrijkste. Er is, mede in het licht van de bruikbaarheid van het onderzoek (zie onder) een meer dan voldoende (kritische) massa, zeker ook gezien het relatief grote aantal (bijzondere) hoogleraren.

4.5.2. Systeemkenmerken

Netwerken

- De twee belangrijkste onderzoekscholen waar de Nederlandse bodembologen/-ecologen bij zijn aangesloten zijn die van de Functionele Ecologie en de Milieuwetenschappen. Naast de penvoerder RUG (Prof. Kuiper en prof. Woldendorp) participeren in de onderzoekschool Functionele Ecologie: het EEW (Instituut voor Ecologische en Evolutionaire Wetenschappen van de RUL), LUW (Brussaard), UU, KUN, NIOO en NIOZ. De participanten in de Onderzoekschool Milieuwetenschappen (Netherlands School for the Socio-Economic and Natural Sciences of the Environment) zijn, naast de penvoerder VU (Prof. Govers en prof. Vellinga), de RUL, LUW en de UvA. Daarnaast participeren een deel van de bodemonderzoekers van IPO-DLO en AB-DLO in de C.T. de Wit Onderzoekschool voor Productie-Ecologie (penvoerder LUW).
- Er is een werkgemeenschap Terrestrische Ecologie van de Stichting Levenswetenschappen (SLW) van NWO; deze heeft een beperkt budget (1 à 2 mio's per jaar).
- Recent is een *Sectie Microbiële Ecologie* van de Nederlandse Vereniging van Microbiologie, ook onder de SLW, opgericht.
- De meeste bodembologen zijn aangesloten bij de Nederlandse Ecologische Vereniging.

De Nederlandse bodembologen/-ecologen hebben goede collegiale contacten met elkaar. Er zijn diverse goedlopende projecten waarin bodembologen in Nederland met elkaar samenwerken, bijvoorbeeld in het kader van NOBIS (bijvoorbeeld project over in situ biotechnologische zuivering van verontreinigde grond), PGBO (bij voorbeeld een project over de samenstelling van het voedselweb van een dennenbosbodem) en ook in het kader van EU-programma's (NITREX: stikstofverzadiging in bosbodems, WEKPAD, BIOPRIN, etc). Het PGBO organiseert een jaarlijks tweedaags congres, Bodembreed, dat zo'n 300 à 400 deelnemers trekt. Er is een dag georganiseerd over Microbiële Ecologie en in het kader van de Onderzoekschool Functionele Ecologie werkt men samen in het kader van het aio-onderwijs.

Resultaten bibliometrisch en bibliografisch onderzoek inzake netwerken

De bodembioogie en het daaraan gerelateerde onderzoek in Nederland is onderling wel sterk verweven langs persoonlijke lijnen. Daarmee worden verbanden gelegd tussen verschillende typen onderzoek organisaties en helder geprofileerde onderzoekslijnen van de onderzoeksgroepen. Naast enkele centrale verbindende figuren *knowledge brokers* is die verwevenheid het resultaat van een grote 'bewegingsvrijheid' van een grote groep onderzoekers. Verwacht mag worden dat dit in hoge mate bijdraagt aan een vitaal kennis-systeem waarin toegepaste vraagstukken en fundamenteel onderzoek met elkaar in contact kunnen blijven. Het sterk samenvallen van de bodembioologische groepen van AB-DLO in Haren en de LUW vakgroep Bodemkunde en Geologie is opvallend. Deze combinatie is centraal voor het veld.

Er is geen opvallende in- of uitstroom van onderzoekers waargenomen. De samenstelling van het veld is in de drie onderzochte jaren stabiel.

Onderwijs en doorstroming van studenten

De sterke stimulering van het onderzoek door middel van een aantal grote programma's heeft niet geresulteerd in verankering van de bodembioogie op academisch niveau in onderwijs en opleiding. Er is dus geen goede opleiding op het gebied van de bodemmicrobiologie. Er is nu wel een aantal gespecialiseerd onderzoeksgroepen, maar er is behalve bij de groep van Brussaard aan de LUW, die is gespecialiseerd in bodemzoölogie, geen vaste plek microbiële bodembioogie. Er zijn wel bijzondere leerstoelen, maar die zijn aan de mensen en niet aan het vakgebied verbonden. Er is dus een groot gevaar dat de bodemmicrobiologie met de mensen verdwijnt.

Voor de arbeidsmarkt zijn vooral de ingenieursbureaus van groot belang. Ze zijn met name geïnteresseerd in afstudeerders die behalve bodemecologie, ook kennis hebben van ecotoxicologie, bodemkunde en hydrologie. Daarnaast stromen enkele afgestuurd studenten en tijdelijk aangestelde onderzoekers ook door naar (andere) onderzoeksinstituten. Er worden echter niet veel bodembioologen opgeleid, dus er is ook nauwelijks doorstroming.

Aansturing van onderzoek

Het universitair onderzoek wordt alleen, voorzover het binnen het kader van een onderzoeksschool, door het vaak wetenschappelijke bestuur aangestuurd. De DLO-programma's van LNV hebben een begeleidingscommissie met mensen uit het bedrijfsleven, Plantenziektkundige Dienst, Proefstations, milieu- en landinrichtingsorganisaties en Productschappen. Er is sprake van output-financiering.

4.5.3. Wetenschappelijke kwaliteit van de bodembio­logie in Nederland

De VSNU heeft in april 1994 het biologisch onderzoek in Nederland door een externe commissie laten beoordelen. De Nederlandse bodembio­logie/-ecologie-hoogleraren en hun groepen hebben, zo kan uit de VSNU-beoordeling worden opgemaakt, een goede tot ex­cellente kwaliteit. Helaas kon het LUW-onderzoek niet worden meegenomen omdat in Wageningen de Voorwaardelijke Financieringsprogramma's op een geheel andere en niet met de andere universiteiten te vergelijken wijze zijn ingevuld.

In de VSNU-visitatie van de Aardwetenschappen in 1996 kon Wageningen zonder moeite worden meegenomen. Het Wageningse bodemonderzoek staat internationaal hoog aangeschreven en ontvangt hoge waardering. Het onderdeel 'Bodemkunde en Plantenvoeding' (Jeger) scoort iets minder; het wordt voldoende geacht.

De rapporten van de visitatie aan IPO-DLO en AB-DLO hebben we niet ingezien. Wel konden we achterhalen dat uit de visitatie van AB-DLO het bodemgerelateerde onderzoek in Groningen er relatief goed vanaf kwam.

Resultaten bibliometrische onderzoek

Relatief en absoluut is het Nederlandse onderzoek op het terrein van de bodembio­logie en de daaraan gerelateerde velden internationaal gezien van aanzienlijke omvang. De agrohoek is zeer sterk, de plantwetenschappen blijven echter achter ten opzichte van enkele landen. De wetenschappelijke productie groeide in de periode van 1993 t/m 1995 behoorlijk. Het Nederlands onderzoek lijkt met andere woorden niet erg verankerd in internationale samenwerkingsverbanden (mogelijk een onbedoeld gevolg van het SPBO, dat erg op de bevordering van Nederlandse samenwerking was gericht). Dat beeld wordt bevestigd door de bevindingen met betrekking tot samenwerking. Zowel in de citeerrelaties tussen groepen (zichtbaarheid) als de co-publiceerrelaties van groepen (samenwerking) blijkt het Nederlandse onderzoek een weinig uitgesproken positie in te nemen.

De impact van het onderzoek is op gemiddeld internationaal niveau. Er bestaan echter belangrijke verschillen tussen groepen.

4.5.4. Maatschappelijke bruikbaarheid van de bodembio­logie

De maatschappelijke functie van de bodembio­logie is direct met de functies van de bodem verbonden: voedingsbodem, filter voor drinkwater, bodem om op te bouwen en op of in te wonen en ten slotte, en dat is te danken aan nieuwe wetenschappelijke inzichten: als buffer voor gassen, met name broeikasgassen.

Op dit moment worden er vanuit het beleid voor vier verschillende thema's een beroep gedaan op de bodembioïogie/-ecologie:

- Bodemverontreinigingsproblematiek: vanuit de bodemecotoxicologie worden experimentele en modelmatige methodes aangereikt waarmee maximaal aanvaardbare concentraties van potentieel toxische stoffen worden geschat. Met name de ontwikkeling van kennis over de omstandigheden van afbraak van verontreiniging door micro-organismen is van belang. Er is een duidelijke verbinding met natuurbeheer (natuurontwikkeling op verontreinigde terreinen). Dit heeft een grote prioriteit, zie ook NOBIS en PGBO.
- Bodemeutrofiëring: de extensieve bemesting (N en P), heeft enorme invloed op bodemlevensgemeenschappen en secundaire gevolgen voor de kwaliteit van grondwater en oppervlaktewater. Daar komt bij de door ammonium geïnduceerde verzuring. Bodembioïologische kennis, in combinatie met bodemkunde en hydrologie om deze problematiek in te dammen.
- Broeikasproblematiek: de bodem als 'sink or source' voor 'broeikasgassen'.
- Veranderd landgebruik: mede door overproductie, maar ook door hoge productiekosten en veranderende positie van Nederlandse grondstoffen op de wereldmarkt neemt de grootschalige plantaardige productie af en komt daar een andere bestemming voor in de plaats (bij voorbeeld hout als energiebron, landschap als recreatief product, natuurgebied, etc). Een van de issues is hoe vanuit een duurzame ontwikkelingsperspectief een verantwoord landgebruik kan worden uitgeoefend. Bodembioïologie levert hier een belangrijke bijdrage.

Het verzuringsonderzoek dat lange tijd in de belangstelling heeft gestaan, heeft zijn langste tijd gehad.

4.5.5. Internationaal perspectief⁷

Op dit moment wordt er naast Nederland, veel bodemonderzoek gedaan in Denemarken en Duitsland. Deze drie zijn het sterkst. Daarna volgen Frankrijk, Engeland (vooral land-

⁷ In een aantal landen staat bodemonderzoek, inclusief bodembioïologie ook op de onderzoeksagenda. De Deens Agricultural and Veterinary Research Council heeft als een van haar 9 onderzoeksprioriteiten voor de periode 1993 - 1997 een gebied waarvan ook de bodembioïologie deel van uitmaakt. Het betreffende prioriteitsgebied is: 'Wortel Zone processen, Biologische Dynamiek in de Bodem en de Absorptie van Voedingsstoffen in Planten'. Het Engelse Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedsel (MAFF) noemt in haar 'Research strategy 1996 - 2000' een aantal strategische onderzoeksprogramma's die niet rechtstreeks onder een beleidsgroep vallen of die bij meerdere van deze groepen thuishoren. Het onderzoeksprogramma 'Soil Resources' is daar een van, naast 'Biotechnology' en 'Plant Genetic Resources'. Het programma wordt gefinancierd uit het Wetenschapsbeleidbudget dat onder de verantwoordelijkheid van de Chief Scientist van MAFF staat. Hoewel bodembioïologie niet expliciet is genoemd, is het niet onwaarschijnlijk dat dit deel uitmaakt van het Soil Resources programma. MAFF heeft een zeer groot belangstelling voor de staat waarin zich de bodem in Engeland en Wales zich bevindt. Redenen: de bodem is belangrijk voor productiedoeleinden, maar ook voor natuur en wildbeheer, diversiteit van soorten en hoe het landschap eruit ziet. Er is/komt een aparte 'Soil Resources Assessment Unit', die data verzamelt over de bodem en dit vormt de basis voor specifieke toegepast-strategisch en toegepast bodemonderzoeksprogramma's van verschillende beleidsafdelingen van MAFF.

gebruik) en Zwitserland. In de VS wordt nauwelijks bodemecologisch onderzoek gedaan. In de jaren tachtig werd er vanuit het meer toepassingsgericht onderzoek, met name vanuit de landbouwhoek samengewerkt met buitenlandse onderzoekers. Er waren destijds ook in Zweden en Duitsland, net als een Nederland landbouwkundige bodemonderzoeks-programma's (NRLO-bodemprogramma). Deze zijn nu afgerond en daarmee ook de samenwerking. Op dit moment wordt met name door de Nederlandse bodemecologen en bodemecotoxicologen in EU-programma's met buitenlandse groepen samengewerkt.

Resultaten bibliometrisch en bibliografisch onderzoek

Uit samenwerkingspatronen en analyse van het internationale wetenschappelijk publiek blijkt dat het Nederlandse onderzoek niet sterk is verankerd in internationale structuren.

4.6.Conclusies

Thematisch bestaat er een duidelijke samenhang in het veld bodembio-logie. In het onderzoek lijkt de Agro-dimensie het sterkst vertegenwoordigd te zijn. Dat hoeft niet veel verba-zing te wekken met de omvangrijke aanwezigheid van vakgroepen van de LUW en de DLO-groepen. Gezien het grote belang van het bodembio-logisch onderzoek voor de bodemproblematiek lijkt dit thema, wat betreft onderzoek voor gebruikers (rapporten voor lokale en provinciale overheden) wat achter te blijven.

De bodembio-logie in Nederland ontwikkelt verschillende functies in het kennissysteem. Opleiden van promovendi, contract onderzoek, schrijven van handboeken en technische rapporten, popularisering van onderzoek, wetenschappelijke artikelen, bijdragen aan de beleidsdiscussie. In samenhang met de verwevenheid van het veld is er sprake van een goede structurering en verspreiding van onderzoek.

Het onderzoek is niet sterk in internationale structuren verankerd.

Tabel 4.3. Samenvatting sterkte-zwakte analyse bodembioogie

CRITERIUM	BEOORDELING	STERKTES	ZWAKTES
Kritische massa	+	Het onderzoek heeft een brede basis; er zijn verschillende universiteiten en onderzoeksgroepen. Er zijn relatief veel (bijzondere) hoogleraren.	Het onderzoek is sterk afhankelijk van milieu-programma's. Als milieu als politiek issues verdwijnt, valt belangrijke financieringsbasis weg. Er is één opleiding in Nederland.
Systeem-kenmerken:	-/+	Goede samenwerking in onderzoekscholen, in nationale en EU-programma's.	Slechts één opleiding bodembioogie, leerstoelen zijn aan personen gebonden: bodem-microbiologie dreigt te verdwijnen. Weinig maatschappelijke aansturing van vakgebied.
Wetenschappelijke kwaliteit:	+	Integratie van bodembioogie in ecologische wetenschappen.	Fundamenteel, uit nieuwsgierigheid voortgedreven onderzoek dreigt verdrongen te worden door probleemgericht onderzoek.
Maatschappelijke bruikbaarheid:	+/-	Bodembioologische kennis is van groot belang bij schoonmaken van verontreinigde bodems.	De bruikbaarheid is er alleen i.v.m. bestaande milieu wet- en regelgeving. De economische bruikbaarheid van het onderzoek (ook voor agro) is gering.

5. Case 3: (Bio-)sensoren en (bio)signaalbewerking

5.1. Inleiding

Het bredere terrein van sensortechnologie mag zich reeds lange tijd in grote belangstelling verheugen, getuige initiatieven zoals het Onderzoekprogramma Biosensoren (1988-1992), het Programma Sensortechnologie van STW (1988-1997), de technologieverkenning Mechatronica Sensoren en Actuatoren (1990) en recentere verkenningen naar Micro-systeemtechnologie (OCV, STT). Binnen de kennisinfrastructuur heeft zich gaandeweg een belangrijke onderzoeksactiviteit ontwikkeld, met name in universitaire centra zoals de TU Delft en de UT, meer toegepast onderzoek en ontwikkeling bij TNO, en met een sterker accent op de sensortoepassing ook bij DLO.

Op het terrein van (bio-)sensoren en (bio-) signaalverwerking en haar toepassing in de agrosector is tot nog toe geen systematische sterke en zwakte analyse van de kennisinfrastructuur verricht. Bestaande bredere VSNU-evaluaties van de kennisinfrastructuur bieden slechts in beperkte mate aanknopingspunten. Ten dele kan van een aantal onderzoeksrapporten en documenten gebruik worden gemaakt, maar harde uitspraken over de kwaliteit van de kennisinfrastructuur zijn uitermate schaars.

Voor deze case is voor wat betreft documentatie gebruik gemaakt van VSNU-rapportages, basisinformatie in jaarverslagen en onderzoeksprogramma's van de UT, TUD, LUW, TNO, DLO, STW; van rapporten zoals de STT-verkenning Microsystemen, de OCV-verkenning Microsystemen en de STB-studie 'De Technologische Kennisinfrastructuur van Nederland'. Dit beeld is vervolgens aangevuld door de oordelen van een aantal experts van diverse kenniscentra en andere organisaties. Ter aanvulling werd door Sci-Quest een beperkte kwantitatieve analyse uitgevoerd gericht op de bruikbaarheid van sensoronderzoek voor zover meetbaar als patentactiviteit.

5.2. Karakterisering

5.2.1. Belang

Sensoren en signaalverwerking zijn in de voedingsmiddelenindustrie belangrijk vanwege de mogelijkheid tot procesmonitoring, processturing en kwaliteitsinspectie. Belangrijke processen in de voedingsmiddelenindustrie waarvoor dit van belang is, zijn: verpompen, doseren, wegen, sorteren, decomponeren of snijden, mengen, drogen, koelen, verwarmen, roken, vervormen, kneden, snijden en verpakken. Sensoren zijn voor veel toepassingen van signaalverwerking in de voedingsmiddelenindustrie kritisch. Voor veel toepassingen zijn er nog geen goede sensoren (geur, smaak, reuk).

Trekkende deelsectoren qua technologische ontwikkelingen zijn sectoren zoals de zuivel, bier en frisdranken. Deze zijn vanwege internationale concurrentie gericht op schaalvergroting en *high-tech* productieprocessen.

In de signaalverwerking als geheel speelt een aantal stappen een rol: signaal-inwinning, conditionering, transport, enhancement, extractie. Voor wat betreft de sensorkant zijn de belangrijke ontwikkelingen: toename van de diversiteit aan sensoren (naast optisch ook chemisch); ruimtelijk meten met *sensor arrays*; toevoegen van intelligente elektronica en miniaturisering in de richting van microsystemen/microsensoren.

Op het gebied van de sensoren en meettechnieken is een actuele vraag hoe de mens-eigen sensoriek kan worden vervangen door combinaties van waarnemingssensoren. Op het gebied van sensoren wordt momenteel aangesloten bij de bio-chemische sensorontwikkelingen (b.v. DNA-proces voor *in-line* meten van bacteriële groei). Het snel aan belang winnende maar qua toepassing nog in de beginfase verkerende terrein van microsysteemtechnologie kent belangrijke toepassingsmogelijkheden in de industrie: (waarnemings- en regelsystemen), medische zorg, milieu, consumentenproducten, instrumentatie, procesautomatisering, informatietechnologie en productietechniek. Voor wat betreft de voedingsindustrie zijn vooral de toepassingen in instrumentatie, productieprocessen en de industriële automatisering van belang.

5.2.2. Afbakening in disciplines, technologieën, toepassingen

In wezen gaat het bij sensoren steeds meer om systemen waarbij de sensor een onderdeel vormt van een groter geheel waarin ook signaalverwerking meespeelt (het micro-systeem). Daarbij kan ook het fabricageproces (micro-engineering) nog in beschouwing worden genomen. Voor realisatie van dit geheel zijn een aantal basisdisciplines nodig. Dit zijn met name: fysica, materiaalkunde, biologie, chemie, elektronica, (micro-)mechanica, instru-

mentatie en micro-optica. Daarnaast zijn er de centrale technologieën die op systeem-niveau liggen (bio-elektronica, micro-engineering, elektrochemische sensoren). Tenslotte zijn er de technologieën die samenhangen met de rol van de sensor in de omgeving (meettechnieken).

De belangrijkste toepassingsgebieden van biosensoren liggen in de medische diagnostiek, milieumonitoring en processturing in de industrie. Voor wat betreft toepassingen in de voeding gaat het zowel om fysische als om chemische en biologische sensoriek.

Tabel 5.1. Biosensoren en biosignaalverwerking: disciplines, technologieën, toepassingen

VOORWAARDENSCHPEPEND	SYSTEEMTECHNOLOGIE	TOEPASSINGSSPECIFIEKE TECHNOLOGIE
• Fysische chemie • Cel-biotechnologie • Moleculaire biologie • Macromoleculaire chemie en materiaalkunde • Membraantechnologie • Moleculaire elektronica • Elektrochemie • Micromechanica • IC-technologie	• Chemische en elektro-chemische sensoren • Instrumentatie • Micro-engineering en micro-fabricage • Bio-elektronica	• Meettechniek (fysisch, chemisch, biologisch etc. voor toepassing van optische, chemische technologische principes voor waarnemen en meten) • Signaalverwerkende systemen /micro-systemen

Chemische sensoren vormen de 'zintuigen' van productie- en processystemen, behalve in de procesindustrie ook in de biomedische wereld, milieu, safety, automotive toepassingen. Een chemische sensor bestaat uit een selector en een transducent. De selector herkent selectief bepaalde verbindingen, de transducent vertaalt deze in een elektrisch signaal.

Naast het sensor-subsysteem is de *signaalverwerking* van belang. Dit is een brede technologie, op meer niveaus te omschrijven: ontwerpkunde (CAD-softwaretools, VHDL-talen voor ontwerp en testen van geïntegreerde circuits), VLSI-architecturen, micro-elektronica (de feitelijke realisatie van signaalverwerkende systemen in geïntegreerde circuits en processoren door het gebruiken van specifieke materiaal- en procestechnologieën). *Intelligente sensoren* combineren op één chip de sensor en de signaalverwerking.

De *bio-elektronica* kan als een nieuw grensgebied tussen biologie en elektronica worden aangemerkt. Het terrein van de biosensoren kan nog steeds als een *emerging technology* worden gezien met een groot ontwikkelingspotentieel. Biosensoren maken van biologische principes gebruik bij het omzetten met name chemische en biologische signalen in een elektrisch signaal. Door op nanoschaal gebruik te maken van macromoleculen met bijzondere biologisch-elektronische eigenschappen (geleiding, schakeling, opslag) en van technieken om dergelijke macromoleculen te assembleren kunnen langs deze weg nu al sensoren ontwikkeld worden die chemische of fysische kwaliteiten omzetten in meetbare

signalen. Deze biosensoren kenmerken zich door een zeer hoge selectiviteit in het herkennen van moleculaire structuren. In de toekomst zullen mogelijk ook biologische diodes, transistoren en processoren kunnen worden ontwikkeld, wat uiteindelijk in de verre toekomst kan leiden tot bio-chips en zelfs tot de biomoleculaire computer.

Toepassingen van biosensoren liggen naast in de voedingsmiddelenindustrie (de bioproses-technologie) op het gebied van gezondheid (diagnose, patiënt-bewaking) en milieu (meten van vervuiling). Onderzoeksuitdagingen zijn er op het vlak van levensduur, biocompatibiliteit en moleculair-biologische processen. Voor de feitelijke bouw van een biosensor zijn micro-technieken nodig die tot vergaande miniaturisatie van de sensor leiden.

Het terrein van de *microsysteemtechniek* is een breed opkomend technologiegebied waarin architectuur sensortechnologie, signaalverwerking en micro-elektronica, en materiaal-technologie via micro-engineering technieken worden gecombineerd tot microsystemen. Het omvat de technologie die nodig is om producten en componenten te maken die afmetingen hebben kleiner dan enkele millimeters.

Ten grondslag liggen basisdisciplines zoals de IC-technologie (silicium-gebaseerde productietechnologie), fijnmechanica, lithografie/galvanisatie e.d. Een biosensor kan als product van microsysteemtechnologie worden beschouwd. Toepassingen van micro-systeemtechnologie op het gebied van voeding (*food processing*) kunnen ondermeer de volgende zijn:

- In-proces metingen: bewegen van sensoren in een proces, conditiebewaking, detectie van vervuiling, sorteren.
- Procesomgeving: reuk, bewaking van opslagcondities.
- Monitoring van kwaliteit, veiligheid (vervuiling), opslagcondities, monitoring van fermentatieprocessen e.d..

5.2.3. Internationale trends

Internationaal gezien is Japan leidend maar ook Duitsland en de VS zijn zeer sterk. In Japan is sprake van grote aandacht voor biosensorontwikkeling voor biomedische en procestechnologische toepassingen. In de VS is veel aandacht voor het gebruik van micro-sensoren ten dienste van milieumonitoring, en voor detectie van gevaarlijke stoffen. Japan loopt voorop op het terrein van testen van voedingskwaliteit. Duitsland is sterk op het gebied van chemische sensoren gebaseerd op massaspectrometrie. Internationaal gezien zijn de volgende ontwikkelingen op het vlak van biosensoren aan de orde:

- Smart sensors; integratie van transducenten met signaalverwerking, IC's en actuatoren op microsystemen of microelectro-mechanische systemen (MEMS).
- Miniaturisatie van biosensoren; smart devices met microbiosensoren (van belang voor medische diagnose, kwaliteitsbeheersing in de voedingsmiddelenindustrie).

- Robuustheid en stabiliteit van biosensoren tegen extreme omstandigheden.
- Nieuwe aandacht voor moleculaire structuren en mechanismen en oppervlakte-technologie.
- Nieuwe technieken voor elektrochemische transductie, optische principes, toepassing van piezoelektrische materialen in sensoren.
- Smart sensors en microsystemen.
- Algemeen: Dedicated sensoren en sensorsystemen; toenemende behoefte aan betrouwbare en robuuste sensoren voor chemische parameters, 'elektronische neus' en goedkope sensoren.

5.3. De kennisinfrastructuur

5.3.1. Actoren in de kennisinfrastructuur

De belangrijkste actoren in de onderzoeksinfrastructuur op het gebied van (bio-) sensoren zijn:

- enkele universiteiten (vooral de TU Delft en de Universiteit TW&Te, daarnaast zijdelings ook de Universiteit Utrecht, de Rijksuniversiteit Groningen);
- TNO (vooral TNO Voeding, daarnaast meer op fysisch-elektronisch gebied TNO-TPD-TUD en TNO-FEL) en
- DLO (met name IMAG en ATO).

In aanpalende disciplines zijn ook andere instituten relevant. Tabel 5.2. geeft een samenvattend overzicht van de kennisinfrastructuur voor (bio-)sensoren.

Universitair onderzoek / onderzoekscholen

Bij de onderzoeksschool MESA (trekker UT, faculteiten Elektrotechniek en Chemische Technologie) liggen de accenten voor wat betreft biosensor-technologie op de ontwikkeling van componenten waarmee informatieoverdracht plaatsvindt van het biologische naar het elektronische domein. Van daaruit wordt dan ook samengewerkt met de vakgroep Analytische Chemie van de faculteit Chemische Technologie (Van der Linden), gericht op ontwikkeling van elektrochemische sensoren. Bij MESA vindt daarnaast een interessante interactie plaats tussen onderzoek op het gebied van supramoleculaire chemie (Reinhoudt, faculteit Chemische Technologie) en het meer bio-elektronisch getinte onderzoek (o.a. Bergveld, Elwenspoek, Fluitman; faculteit Elektrotechniek.) In MESA zijn in totaal 140 onderzoekers werkzaam. Eén der negen researchgroepen van MESA is Biosensoren and Elektrochemische Sensoren (4 FTE vaste staf, 13 medewerkers), maar ook andere researchgroepen zoals Moleculaire Engineering dragen bij tot het werk op het gebied van bio-

sensoren. Er wordt gewerkt aan ontwikkeling van een breed scala van sensor-actuator systemen voor medische, procesanalytische en milieutoepassingen. Lopende projecten richten zich op de toepassing van ISFET-technologie (o.a. immunosensoren) chemische sensoren, en multisensor data-evaluatie. Ook in de researchgroep Lichtgolfcomponenten (optische componenten en materialen) wordt de basistechnologie voor sensoren en geïntegreerde optische componenten ontwikkeld (o.a. glucose biosensor, absorptie-gebaseerde geïntegreerde optisch-chemische sensoren).

Tabel 5.2. Overzicht van de onderzoeksinfrastructuur Biosensoren (inclusief gerelateerde onderzoeksgebieden)

INSTELLING	THEMA'S/ACCENTEN
UNIVERSITAIR TU Delft (Faculteit Elektrotechniek) Universiteit Twente (Faculteit Elektrotechniek) Universiteit Utrecht RU Groningen	• Instrumentatie, intelligente sensoren, microsystemen. • Biosensoren en biosignalen; chemische sensoren; transducenten; micro-engineering. • Microbiële detectie (detectie van micro-organismen in vlees t.b.v. kwaliteitssystemen). • Macromoleculaire materialen; bio-nanosystemen; moleculaire modellering
TOEGEPAST TNO Voeding TNO-TPD-TUD TNO-MEP TNO-PML TNO-FEL ATO-DLO IMAG-DLO ID-DLO	• Biomonitoring; chemische sensoren (o.a. glucosesensor) • Sensor-integratie; optische sensoren; piëzo-elektrische sensoren, thermo-elektrische sensoren (o.a. bloeddruk meten) • Opto-chemische sensoren (ion-detectie) • Biochemische sensoren; immunosensoren • Surface Acoustic Waves (SAW) • Biosensoren • Meet- en analysetechnieken • Biomoleculaire herkenning
INDUSTRIE Unilever Nutricia NIZO	• Procesmonitoring • Procesmonitoring • Gericht op zuivelonderzoek; o.a. chemische en biologische kwaliteit (technieken voor detectie en identificatie van micro-organismen)
OVERIG CME NWO/STW Rijkswaterstaat RIVM DTO-programma	• Sensorelektronica, microsystemen (Helpdesk, EG-projecten) • Stimulering Sensortechnologie (breed) via 2-e geldstroom onderzoek. • In-situ sensoren voor water en waterbodem • In-situ sensoren (milieu-metingen) • Sensoren en duurzame ontwikkeling in de voeding

Binnen DIMES (trekker: TU Delft, faculteit Elektrotechniek) wordt met name gewerkt op het gebied van instrumentatie, signaalbewerking en micro-elektronica, naast ook op het terrein van de meet- en regeltechniek. In totaal beschikt DIMES over 250 onderzoekers; op het gebied van sensoren werken plm. 25 onderzoekers. De volgende researchgroepen zijn relevant (deze maken op hun beurt deel uit van overkoepelende sectoren:

- *Elektronische circuits en systemen (v Roermund)*. Vooral gericht op de analoge elektronica. Eén der toepassingsoriënteerde projecten betreft de ontwikkeling van *intelligente sensorsystemen voor detectie van micro-organismen*. Toepassing daarvan ligt in het detecteren van micro-organismen in verpakte producten. Het is een Eureka project,

wordt ondersteund door Smartec, Unilever, Lumac. Binnen deze researchgroep wordt ook gewerkt aan *hoge-temperatuur elektronica voor sensortoepassingen* (steun van STW, Shell, Exal), en aan *smart signaalverwerkende componenten voor sensoren, transducenten voor industriële toepassingen* (FOM, STW, Delft Instruments, Smartec).

- *Data-aquisitie systemen* (Huijsing). Dit onderzoek is gericht op toepassing in de industrie en in concumentenproducten. Voorbeeld van een project is de ontwikkeling van *geïntegreerde smart sensoren met digitale bus interface* (steun van Bronkhorst Hightech Kipp en Zonen, Philips), *smart sensor calibratie* (Signetics, Novasensor, STW), *CMOS temperatuursensoren met digitale output* (Schlumberger, CSEM, Otter Controls, Mietec Alcatel. Estec, STW, Esprit), *geïntegreerde smart optische sensoren*.
- *Elektronische devices, materialen en technologie* (Beenakker). In deze researchgroep vindt onderzoek naar siliciumcomponenten plaats dat van belang is voor de ontwikkeling van smart sensor systemen. Hier vindt onder meer *procesonderzoek op het gebied van smart sensoren* plaats (samenwerking met Xensor Integration, STW).
- *Geïntegreerde sensoren/elektronische instrumentatie* (Middelhoek). Ontwikkeling van geavanceerde silicium-sensoren geïntegreerd met signaalbewerking ('smart sensors'). Samenwerking met o.a. Xensor Integration, FOM, STW, Esprit.

Op het niveau van de researchgroepen is geen informatie betreffende de netwerken beschikbaar, afgezien van genoemde samenwerkingspartners in projecten.

Aspecten worden ook bewerkt binnen de onderzoekscholen DISC (regeltechniek, trekker TU Delft) en Biomembranen (trekker UU). Bij deze laatste gaat het om de rol van biomembranen bij de werking van membraan-receptoren, signaaltransductie, cel-cel en ce-substraat interacties). Bij de LU Wageningen vindt geen onderzoek op het gebied van biosensoren plaats; wel zijdelings op het gebied van fysische en colloïdchemie (o.a. gedrag van geabsorbeerde eiwitten).

De Vakgroep Voedingsmiddelen van Dierlijke Oorsprong (VVDO) aan de Universiteit Utrecht neemt deel aan het VLAG-hoofdprogramma Voedingstechnologie en Voeding. De afdeling Microbiologie doet hiervoor onderzoek aan de detectie van micro-organismen in vlees ten behoeve van kwaliteitssystemen. Dit omvat het ontwikkelen van detectiemethoden, monitoringssystemen, preventie, houdbaarheidsvoorspellende modellen en het meten van stoffen in vlees en in vleesetende kweekvissen. In het kader van procesontwikkeling en procesbeheersing wordt onderzoek gedaan naar verbetering, bepaling en indexering van de vleeskwiteit, aan de valorisatie van dierlijke producten en aan het verbeteren van vleesverwerkingsprocessen.

Instituten voor fundamenteel onderzoek

In instituten voor fundamenteel onderzoek wordt geen specifiek onderzoek verricht op het vlak van (bio-)sensoren. Wel is op zichzelf in meer brede zin het fundamentele onderzoek op het gebied van nanosystemen (FOM-AMOLF) relevant.

Instituten voor toegepast onderzoek (TNO, DLO)

Door *TNO Voeding* wordt naast onderzoek op een breed aantal terreinen in de voedingsprocestechnologie ook onderzoek verricht naar de ontwikkeling van snelle microbiologische monitoring methoden en biosensoren. Voorbeeld is de ontwikkeling van een nieuw type biosensor voor het meten van glucose. Resultaat is een biosensor met een lange levensduur die voor diverse biotechnologische en biomedische applicaties kan worden ingezet. Deze sensor is gebaseerd op de combinatie van een enzym en een geleidend polymeer. TNO Voeding neemt deel in de Contactgroep Sensoren van TNO (met PML, TPD, FEL en MEP). Op het gebied van chemische sensoren zijn binnen TNO plm. 20 onderzoekers actief. Overigens is in 1992 een Biosensor Informatiecentrum TNO opgezet dat momenteel niet meer bestaat.

Bij de *TNO-TPD-TUD* gaat het voor wat betreft sensorontwikkeling met name om fysische sensoren, in het kader van de ontwikkeling van elektronische suystemen en sensoren voor bijvoorbeeld identificatie- en herkenningproblemen (kleur- en vormmetingen, sorteren etc). Sensorintegratie (integratie van deeltechnieken zoals chemisch-fysische meetprincipes, signaalverwerking en -transport) vormt een belangrijk aandachtspunt.

Op deelgebieden wordt sensoronderzoek verricht bij de instituten IMAG-DLO, ATO-DLO en ook RIKILT-DLO en ID-DLO. Het accent bij DLO ligt echter over het geheel genomen meer op meet- en analysetechnieken, niet op sensorontwikkeling. IMAG-DLO is actief op het terrein van meten en besturen, procesautomatisering, mechatronica en instrumentatie. ATO-DLO richt zich onder meer op het thema kwaliteit en verwerking van producten, met een onderzoekprogramma Biochemie en Voedselverwerking, waarin aandacht is voor de ontwikkeling van meetsystemen en sensoren.

In een tweetal programma's wordt door DLO aan sensorontwikkeling en met name sensor-toepassing gewerkt:

- Het programma *Monitoring, Control en Handling* (IMAG-DLO, nr. 257) beoogt ontwikkeling van meetmethoden en besturingstechnologie ten behoeve van optimalisatie van agrarische productieprocessen. Daarnaast worden mechatronicasystemen ontwikkeld waarin complexe sensorsystemen worden toegepast. Voorbeeld is de ontwikkeling van instrumenten en (fysische) sensoren, gericht op bijvoorbeeld klimaatregeling en proces-automatisering.

- Het programma *Biochemie en Voedselverwerking* (ATO-DLO, nr. 270) betreft (moleculaire) kwaliteitsaspecten bij de verwerking van een primair product zoals smaak, geur en textuur, procesontwikkeling en ontwikkeling van meetsystemen en sensoren. Voorbeeld is onderzoek naar het gebruik van (bio)sensoren ten behoeve van kwaliteitsbewaking van verse en verwerkte plantaardige grondstoffen.

Daarnaast vindt meer chemisch-analytisch gericht onderzoek plaats bij RIKILT-DLO. Hierbij gaat het om producten testen op aanwezigheid van contaminanten en opsporen van micro-organismen in voedingsmiddelen (microbiologische, microscopische en biotechnologische technieken). Voorts wordt hier gewerkt aan methoden voor het vaststellen van lage concentraties van complexe stoffen door analytische technologie. Bij ID-DLO vindt met name op het gebied van diagnostica, tests, meetmethoden onderzoek plaats. Hierbij is ook het werk op het gebied van biomoleculaire herkenning van belang.

Industrieel onderzoek

Met name AKZO en Unilever zijn actief op het gebied van sensoren. Daarnaast is een kleine groep ontwikkelbedrijfjes actief, zoals 3T, Xensor Integration, TW&Te MicroProducts e.d. Het gaat hierbij echter vooral om microsysteemtechnieken zelf. Van echt brede industriële activiteit op het gebied van (bio-)sensoren is niet echt sprake.

Het NIZO voert collectief onderzoek uit op het gebied van zuivel, o.a. chemische en biologische kwaliteit, scheidingstechnologie en verwerkingsprocessen. In beperkte mate is er aandacht voor biosensoren (technieken voor detectie en identificatie van micro-organismen).

5.3.2. Onderzoekstimulering

Door de NWO *Stichting voor de Technische Wetenschappen* STW wordt reeds gedurende lange tijd veel aandacht besteed aan het terrein van de sensortechnologie. Vanaf 1984 liep al een programma Sensors and Actuators. In 1988 werd een Biosensoren Stimuleringsprogramma ingezet (omvang 8 Mf) waaruit als start 11 projecten werden gefinancierd. Van 1992 tot voorjaar 1997 loopt het Prioriteitsprogramma Sensortechnologie (16 Mf in totaal, inclusief 8 Mf eigen STW-middelen); na 1997 wordt dit onderzoek gebundeld in een Technologieprogramma Sensortechnologie voor 5 jaar. In de tweede geldstroom naar universiteiten voor 1994 werd 4.0 Mf ingezet op een totaal van plm. 60 Mf (6%). Dit vormt een goede indicatie voor het door de STW aan dit onderzoeksgebied gehechte belang. Huidige technologieprogramma's van STW in het domein van sensoren, met mogelijke relevantie voor agro toepassingen zijn Instrumentatie, Meet- en regeltechniek, en Sensortechnologie (in totaal kent STW plm. 50 van deze technologieprogramma's). Het onderwerp Biosensoren vormt geen echt expliciet aandachtspunt maar komt wel goed aan de

orde in de lopende programma's, hetgeen bijvoorbeeld blijkt uit de Workshop Sensortechnologie 1997 waar één van de brainstormsessies handelde over sensoren voor de voedselproductie. Van de zijde van STW werd opgemerkt dat er zeker sprake is van *extra* aandacht van STW voor het gebied van sensoren in het algemeen. de doelstelling van het genereren van sensoronderzoek van hoge kwaliteit op universiteiten is volgens de STW duidelijk gehaald: het honoreringspercentage van STW-projecten op het gebied van sensortechnologie lag met 63% duidelijk hoger dan het gemiddelde honoreringspercentage van 35%. Ook zijn de ervaringen met gebruikerscommissies bij sensorprojecten positief.

Eén van de onderdelen van het interdepartementale *programma Duurzame Technologische Ontwikkeling* is gericht op duurzame voeding. Het project High-Tech Agroproductie vormt één van de ontwikkelingslijnen. In het DTO-project Sensortechnologie vormt sensor- en meettechnologie in de primaire voedselproductie het onderwerp. Dit programma bevindt zich in het aanvangsstadium van eerste identificatie van onderzoeksthema's, technologieën en toepassingen. Thema's zijn bijvoorbeeld:

- Bepaling van lage concentraties nutriënten en biochemische verbindingen in diverse media.
- Bepaling van gehalten in plantaardige en dierlijke producten.
- Bepaling van licht- en (micro)klimaatparameters.
- Positie- en kwaliteitsbepalingen.

Het *Centrum voor Micro-Elektronica* (sinds kort onderdeel van het ICNN) besteedt gericht aandacht aan sensortechnologie, met name in het kader van micro-elektronica en micro-systeemtechnologie. Hiertoe heeft zij sensor-helpdesk diensten aan. CME was projectleider van het MUST-programma, een Europees project op het gebied van micro-systemen.

5.3.3. Internationale positionering biosensor-onderzoek

Op de eerder genoemde gebieden waarop internationale ontwikkelingen zich afspelen is sprake van een aanzienlijke Nederlandse onderzoeksactiviteit. In het kader van de case kan echter niet worden nagegaan hoe de match of mismatch tussen de Nederlandse en internationale situatie qua technologie-ontwikkeling er precies uitziet. Uiteraard worden altijd bepaalde speerpunten in het onderzoek gekozen. Evenwel, de echt sterke punten van Nederland liggen duidelijk op het gebied van de micro-biosensoren (UT), de instrumentatie (TUD) en de chemische sensoren (TNO). In tabel 5.4 worden een aantal representatieve voorbeelden gegeven van Nederlands onderzoek op het gebied van (bio-)sensoren.

Tabel 5.4. Voorbeelden van actuele (bio-)sensorprojecten

INSTITUUT	SPEERPUNTEN / PROJECTEN
MESA	• Fluid control for Micro-Total Analysis System • Integrated chemo-optical evanescent wave sensors for the selective measurement of heavy metal ions • Electrochemical sensor based on self-assembled monolayers on gold • Anion-selectieve microsensoren • Sensor-array voor procesmonitoring • ISFET immunosensor (Ion Sensitive Field-Effect Transistor) • Peptide sensor • Eiwit sensor • Chipcard biosensor
TNO	• Glucosesensor gebaseerd op combinatie van enzym en geleidend polymeer • Elektrochemische sensoren op basis van een membraan
RUG/AZG	• Infuustechniek voor biomedische toepassingen (in-vivo volgen van hormonen en geneesmiddelen)
KUN	• Cyclodextrin Derivates in sensor devices
DIMES	• Low-temperature Silicon Fusion Bonding • Surface Acoustic wave High-Voltage Probe • Sensing in Liquids Using Love waves • Low Cost Sensor packaging Concept • Dedicated Analog-to-Digital Converter for Biopotentials • Betrouwbaarheid en gaverage-opbrengst van micromechanische structuren • Dikke poly-siliciumlagen voor micromechanische sensoren
DLO	• Smart sensor chip for dielectric measurements (sensor voor vochtmeting)

Bron: Proceedings Workshop Sensortechnologie 1997 (STW), 1996 National sensor Conference (STW), jaarverslagen.

Het vermelde project van de *RUG/AZG* is gericht op het ontwikkelen van een minipomp met brede toepassingsmogelijkheden (naast ultrafiltratie sampling en een cortisol immuunverdringingssensor). Bij het KUN-project gaat het vooral om bestudering van sensor-eigenschappen (gassensoren) van specifieke verbindingen.

Bij *MESA* vindt veel sensoronderzoek plaats in het kader van het zgn. *Micro Total Analysis System* (micro-TAS), geminiaturiseerde chemische analyse systemen die met behulp van micro-mechanische fabricageprocessen zijn gemaakt (lithografie gecombineerd met etsen en depositietechnieken). Deze systemen omvatten alle sensor- en actuator componenten die voor het waarnemen van specifieke concentraties in monsterstoffen nodig zijn. Voordelen zijn o.a. de bereikte miniaturisatie en het lage energieverbruik. Voorts wordt gewerkt aan waarnemen van concentraties aan zware metaal-ionen in oppervlaktewater of slib met behulp van optische transduciertechnieken. Hierbij wordt een optode membraan toegepast dat ion concentraties kan omzetten in optische signalen. Het membraan wordt dan gecombineerd met een optische IC. Onderzoek vindt ook plaats op het gebied van moleculaire herkenning door bepaalde metaal-complexen, gebaseerd op veranderingen in elektrochemische eigenschappen. Een door STW medegefinancierd project betreft de ontwikkeling van anion-selectieve microsensoren (chemisch gemodificeerde veld-effect-transistor: CHEMFET). Hierbij wordt een ion-selectief membraan toegepast. Biosensor-gerichte

projecten voorts o.a. ontwikkeling van een biosensor-chipcard systeem; Sensor-array voor proces monitoring; ISFET-gebaseerde immunosensor; Peptidesensor; Eiwitsensor.

5.3.4. Netwerken in de kennisinfrastructuur

Belangrijke factoren in de netwerkvorming zijn enerzijds de contractonderzoeken door universiteiten (MESA, DIMES); anderzijds de netwerken die voortvloeien uit stimuleringsprogramma's. Tabel 5.5. geeft een indruk van enkele netwerken.

Tabel 5.5. Relatienetwerken (Bio-)sensoren

KADER	RELATIENETWERK
STW Prioriteitsprogramma	<i>Algemeen sensoren:</i> o.a. TUD, NLR, Philips, Pope, Bronkhorst, Sentron, TNO-KRI, Xensor Integration, SensoNor, 3T. STW heeft een sensorplatform in het leven geroepen en stimuleert ook de komende jaren de netwerken tussen kenniscentra en ondernemingen.
DIMES (TUD)	<i>Sensoren/Instrumentatie:</i> Philips, Bronkhorst, TNO-TPD <i>Internationaal:</i>
MESA (UT)	<i>Contractonderzoek:</i> AKZO, Philips, Sentron, Bronkhorst e.a. <i>Stafmedewerkers:</i> Unilever, 3T, FOM, STW <i>Internationaal:</i> EG-programma's <i>Overig (projecten):</i> TNO Voeding
Contactgroep Sensoren TNO	TNO-TPD-TUD, TNO-MEP, TNO-Voeding, TNO-FEL

Er zijn geen echt formele onderzoekersnetwerken op het betreffende gebied; wel op deelgebieden zoals sensoren, signaalbewerking en procestechnologie. Op deelgebieden vervullen bepaalde organisaties integrerende functies. het NIZO organiseert collectief onderzoek op het gebied van zuivel (o.a. chemische en biologische kwaliteit en procestechnologie). De stichting PAVO is actief op het gebied van procesautomatisering in de voedingsindustrie.

Enkele deelnetwerken:

- Netwerk detectietechnieken en Sensoren. Dit is een sterk, informeel netwerk getrokken door AKZO en de UvA. Ook TNO neemt hieraan actief deel.
- STW-programma Sensortechnologie. NWO werkt aan een mogelijk stimuleringsprogramma Voeding.
- Samenwerking o.a. tussen TNO Voeding en de KUN (biosensorontwikkeling voor het meten van glucose).
- Contactgroep Chemische Sensoren binnen TNO.

MESA

Details over netwerken zijn niet op het niveau van de researchgroepen beschikbaar.

Samenwerking door MESA in het kader van EG-projecten vindt plaats in onder andere: ESPRIT (Nexus), Eureka OXYMS: Oxygen Microsensor), samenwerking met 3T en Sentron, Comett (Resonant microsensors, chemical microsensors) en Copernicus. Contractresearch op het gebied van sensoren wordt door MESA uitgevoerd onder meer voor: Sentron, Sensoror, Bronkhorst High-Tech, 3T en Unilever.

5.4. Sterkte-zwakte analyse

Er is zoals reeds vermeld geen formele evaluatie verricht van onderzoek op het gebied van (bio-) sensoren. Dit betekent dat genoeg moet worden genomen met een aantal aanwijzingen.

De belangrijkste zijn de volgende:

- De VSNU-onderzoeksvisiteatie op het gebied van elektronica komt tot de conclusie dat de Nederlandse universitaire researchgroepen op het gebied van sensoren belangrijke spelers zijn in Europa. Wel lijkt het nog matig aan te sluiten bij industriële behoeften. Als excellent over de gehele linie qua productiviteit en kwaliteit werd beoordeeld het onderzoek bij DIMES op het gebied van elektronische instrumentatie (Middelhoek, Huijsing). Deze groep is waarschijnlijk de grootste sensorgroep ter wereld en wordt algemeen als van topniveau beoordeeld.
- Onderzoek van MESA op het gebied van de bio-sensoren (Bergveld e.a.) werd recent als excellent beoordeeld door de VSNU, zowel voor wat betreft kwaliteit en productiviteit als qua relevantie en levensvatbaarheid. Hetzelfde geldt voor het micro-mechanica onderzoek (micro-engineering en micro-sensoren). Dit onderzoek heeft vooral relatie tot biomedische toepassingen, maar is zeker ook van bredere relevantie. De UT wordt algemeen als zeer sterk gezien op het terrein van biosensoren.
- TNO Voeding beoordeelt zichzelf als sterk op het gebied van chemische/biologische sensoren. Het past een interdisciplinaire aanpak toe, heeft velddekkende expertise en is internationaal aanwezig op conferenties e.d. Qua sterkte op dit terrein vergelijkbaar met Fraunhofer in Duitsland. De bundeling van expertisen in de sensorcontactgroep is een zeer sterk punt van TNO. Sterke punten van TNO op het gebied van chemische sensoren liggen in de brede en multidisciplinaire technologische basis en de sterke kennisopbouw door goede relaties met universiteiten zoals TUD, TUE en de UT. TNO ziet als opgave de komende tijd onder andere om de technologische basis meer kritische massa te geven, tot meer samenwerking met andere partijen te komen en zich meer op productontwikkeling te richten. Voorts dient kennis van instrumenten en producten beter

geïntegreerd te worden in toepassingen van chemische sensoren.

- Op het gebied van microsteemtechnologie wordt het kwalitatief goede onderzoek in het algemeen nog als te ver van de toepassingen afstaand beoordeeld door recente verkenningen van de STT en de OCV. Er is voorts nog een beperkte vraag naar microsteemtechnologie.
- Bij de LU Wageningen heeft de groep op het gebied van Voedings- en Bioproc-engineering een goede onderzoeksbeoordeling gekregen van de VSNU-visitatiecommissie Chemie; dit onderzoek lijkt betrekkelijk weinig in relatie te staan tot biosensoren.
- Vanuit de biologie zijn er opvallend weinig raakvlakken met biosensor-onderzoek. Anders ligt dit voor onderzoek in de chemie, waar op terreinen zoals membranen en macromoleculen door vanuit internationaal perspectief gezien sterke groepen interessante raakvlakken worden bewerkt.

In tabel 5.6 worden resultaten samengevat van VSNU-evaluaties op deelgebieden van het gebied (bio-)sensoren. Met name is gebruik gemaakt van de onderzoekvisitaties Chemie, Biologie en Elektronica.

Tabel 5.6 Samenvatting van VSNU-evaluatieresultaten op deelgebieden van (bio-)sensortechnologie

THEMA	INSTELLING	WETENSCHAP- PELIJKE KWALITEIT	PRODUCTI- VITEIT	RELEVANTIE	TOEKOMST- PERSPECTIEF
Biosensoren	UT (Bergveld)	5	5	5	5
Instrumentatie	TUD (Middelhoek)	5	5	4	5
Biosignalen	UT (Boom)	4	3	5	5
Micro- engineering	UT (Elwenspoek)	5	5	4	4
Moleculaire modellering	RUG (Berendsen)	5	5	5	5
Macro- moleculaire netwerken	RUG (Pennings)	5	4	5	3
Supramole- culaire chemie	UT (Reinhoudt)	5	5	5	5

5.5. Conclusies

Uit het geheel komt het beeld naar voren van een in aanleg sterke Nederlandse kennisinfrastructuur met nog weinig toepassingsgeoriënteerd onderzoek. Sommige koppelingen met ondersteunende vakgebieden lijken nog nauwelijks geëxploreerd; dat lijkt vooral te gelden voor de biologie en de chemie maar ook voor de macromoleculaire materiaal-kunde. Tabel 5.7 vat het beeld ten aanzien van de sterktes en zwaktes samen.

Tabel 5.7 Samenvatting sterkte-zwakte analyse Biosensoren en Biosignaalverwerking

CRITERIUM	BEOORDELING	STERKTES	ZWAKTES
Kritische massa	+/-	Enkele toonaangevende centra vormen de spil in het sensor-netwerk	Weinig koppelingen tussen disciplines die van belang kunnen zijn voor toepassingsgerichtheid van het onderzoek
Systeem-kenmerken	+/-	Sterk sensor-netwerk, o.a. door STW-projecten	Weinig multidisciplinariteit en netwerkvorming in relatie tot de proces-industrie
Wetenschappelijke kwaliteit	+	Sterke en excellente groepen in de kern van het vakgebied (UT) of daaromheen (TUD, UU, RUG) Belangrijk criterium is ook de langjarige steun van STW voor sensor-technologie Sterke activiteit van TNO op chemische en biosensoren Sterke activiteit op instrumentatie/fysische en elektronische sensoren (TUD, TNO-TPD-TUD) en micro-systemen (TUD, UT)	Weinig expliciete koppelingen tussen het op deelterreinen vaak goede of excellente onderzoek dat nuttig kan zijn voor biosensoren Weinig input vanuit biologische, chemische, materiaalkundige disciplines
Maatschappelijke bruikbaarheid	+/-	Sensoren vormen een kritische factor in de proces-technologie Op deelterreinen snelle voortgang (micro-engineering, elektronica, fysische sensoren)	Veelbelovendheid van het gebied is al zeer lang bekend, weinig echte doorbraken Weinig industrieel onderzoek in de voedingsproces-technologie

De volgende afsluitende opmerkingen kunnen nog worden gemaakt:

- Voedingsprocestechnologie zou de natuurlijke basis moeten vormen voor sensor- en signaalbewerkingstoepassingen. Dat is opmerkelijk genoeg niet het geval: in VLAG heeft het onderwerp nauwelijks nadruk. Onderzoek en geïntegreerde toepassing liggen ver uit elkaar.
- Het onderwerp biosensoren wordt met name in universitaire groepen bestudeerd die weinig expliciete binding met voedingstechnologie vertonen (UT, TUD).
- TNO is het enige kenniscentrum met expliciete aandacht voor het totaalgebied.
- De sensorkennis binnen DLO is beperkt.
- Er is ruimte voor kruisbestuiving tussen sterke universitaire groepen en meer toegepaste groepen zoals DLO en TNO.
- STT heeft een studie uitgevoerd over microsystemen waarin ook de sensorkant en de kennisinfrastructuur worden besproken. De achtergrondstudie over microstelsystemen-

technologie (OCV) levert niet veel nieuws op. De OCV-verkenning Chemie in Perspectief geeft geen extra informatie.

6. Conclusies en evaluatie

6.1. Inleiding

Doel van deze haalbaarheidstudie is om na te gaan, aan de hand van een drietal cases, op welke wijze een sterkte-zwakte analyse van de kennisinfrastructuur in de agrosector op aantal belangrijke W&T-gebieden kan worden uitgevoerd. Het resultaat van het project bestaat zowel uit de ontwikkelde methodiek ('hoe') als uit de resultaten van toepassing van de methodiek op de drie cases ('wat'). In dit afsluitende hoofdstuk willen we de volgende vragen beantwoorden:

1. Hoe dienen de bereikte resultaten van de cases te worden geïnterpreteerd? Hiertoe worden in par. 6.2 de resultaten van de drie case studies samengevat en besproken.
2. Is de gekozen methodiek geschikt voor het gestelde doel en zijn er andere methoden die eventueel als aanvulling of als alternatief kunnen dienen?
In par. 6.3. wordt ingegaan op voor- en nadelen van de gehanteerde indicatoren en op mogelijke alternatieven.

De methodiek bestaat uit:

- Een set van *criteria* voor de beoordeling van sterktes en zwaktes van de kennisinfrastructuur, en een daarbij behorende set van *indicatoren* en *data* die een operationalisatie vormen van deze criteria.
- Gerichte verzameling en systematisering van *informatie* afkomstig uit verschillende bronnen, waarmee de set indicatoren en bijbehorende data kwalitatief en kwantitatief kan worden ingevuld.
- Beoordeling van de sterktes en de zwaktes van de kennisinfrastructuur in het betreffende W&T-gebied.

In de loop van dit onderzoek is besloten om aanvullend bibliometrische en bibliografische technieken toe te passen teneinde met name de kwantitatieve onderbouwing van de sterkte-zwakte analyse te versterken. Dit aanvullende onderzoek werd uitgevoerd door SciQuest en is vooral gericht op:

1. Kwantificering van de wetenschappelijke kwaliteit op de onderdelen productiviteit/output en citaties/impact.
2. Netwerk-aspecten van de kennisinfrastructuur op grond van relationele indicatoren zoals co-citaties en co-publicaties.

3. Beperkte vergelijking van publicatiegedrag tussen Nederland en enkele andere landen.
4. Kwantificering van de bruikbaarheid van onderzoek op grond van octrooi-analyse.

De onderdelen 1 t/m 3 werden uitgevoerd voor het gebied Bodembiologie; onderdeel 4 voor het gebied (Bio)sensoren en (Bio)signaalverwerking.

Deze extra component roept enkele nieuwe vragen op. Dit betreffen vragen over de integratie van bibliometrische technieken in de algehele aanpak en over de meerwaarde van deze bibliometrische methoden vergeleken met de eerder op basis van met name expert-interviews en documentaire bronnen verkregen informatie. Hierop wordt in paragraaf 6.3 ingegaan.

Paragraaf 6.4 bevat, nu met het afronden van de haalbaarheidstudie de eerste stap is gezet, een voorstel voor de vervolgstappen van fase 2.

6.2. Sterktes en zwakten van de kennisinfrastructuur in de gekozen W&T-gebieden

Onderstaand worden de resultaten van de drie case studies in tabelvorm nogmaals opgenomen. De drie sterkte-zwakte analyses waarbij in alle drie cases dezelfde vragen tot een beoordeling van het terrein op de criteria hebben geleid, leveren drie geheel verschillende beschrijvingen van terreinen op. Dit kan op zichzelf als een aanwijzing voor de waarde van de gevolgde aanpak worden beschouwd. De analyses geven daarbij, hoe beperkt ook in opzet, een duidelijk beeld van de betreffende terreinen en laten ons insziens ook duidelijk zien welke de beleidsrelevante vragen zijn, die voor dit W&T-gebied moeten worden gesteld.

Tabel 6.1. Samenvatting sterkte-zwakte analyse Voedingsgedrag

CRITERIUM	BEOORDELING	STERKTE	ZWAKTE
Kritische massa	+/-	Kleine gemeenschap die elkaar kent	Versnippering van onderzoek en verloop in vakgroepen als gevolg van gebrek aan langere termijn financiering
Systeem-eigenschappen	-	Werkgroep Voedingsgewoonten gericht op kennisuitwisseling	Gebrek aan sturing en financiering en koppeling tussen beide
Wetenschappelijke kwaliteit	+	Inhoudelijke lijnen: - koppeling voedingsgedrag en productontwikkeling - positieve stimulansen als basis voor voedingsgedrag	Tekort aan samenwerking en koppeling tussen diverse disciplines Internationale oriëntatie voor verbetering vatbaar
Maatschappelijke bruikbaarheid	+/-	Sterk toepassingsgericht onderzoek	Weinig contractonderzoek voor industrie Geen sociaal-wetensch. onderzoek in mogelijk Topinstituut

Case 1 Voedingsgedrag

Het terrein 'Voedingsgedrag' betreft sociaal-wetenschappelijk en toegepast onderzoek. Het terrein is mede gekozen om na te gaan of de overheidsinspanningen van een aantal jaren geleden om het onderzoek op dit terrein te bundelen en meer samenhangend te laten zijn, succes heeft gehad. Uit de sterkte-zwakte analyse komt naar voren dat het onderzoek van de afzonderlijke groepen weliswaar van hoog niveau is, maar nog steeds erg versnipperd is en dat er geen afstemming heeft plaatsgevonden.

Het onderzoek kan vooral worden gekenmerkt als lange termijn onderzoek gericht op de vragen van de overheid (volksgezondheid) en consument, met weining directe relevantie voor het bedrijfsleven. Sturing van het onderzoek vindt vooralsnog vooral door de wetenschappelijke onderzoekers zelf plaats. Een voor de hand liggende conclusie is dat als men (de overheid) meer samenwerking en samenhang in dit onderzoek wil, dit door de betreffende sturende en financierende overheidsinstanties moet worden geleverd. Van de onderzoekers zelf is dit niet te verwachten.

Tabel 6.2. Samenvatting sterkte-zwakte analyse Bodembioologie

CRITERIUM	BEOORDELING	STERKTES	ZWAKTES
Kritische massa	+	Het onderzoek heeft een brede basis; er zijn verschillende universiteiten en onderzoeksgroepen. Er zijn relatief veel (bijzondere) hoogleraren.	Het onderzoek is sterk afhankelijk van milieuprogramma's. Als milieu als politiek issues verdwijnt, valt belangrijke financieringsbasis weg. Er is één opleiding in Nederland.
Systeemkenmerken	+/-	Goede samenwerking in onderzoekscholen, in nationale en EU-programma's.	Slechts één opleiding bodembioologie, leerstoelen zijn aan personen gebonden: bodemmicrobiologie dreigt te verdwijnen. Weinig maatschappelijke aansturing van vakgebied.
Wetenschappelijke kwaliteit	+	Integratie van bodembioologie in ecologische wetenschappen	Fundamenteel, uit nieuwsgierigheid voortgedreven onderzoek dreigt verdrongen te worden door probleemgericht onderzoek
Maatschappelijke bruikbaarheid	+/-	Bodembioologische kennis is van groot belang bij schoonmaken van verontreinigde bodems.	De bruikbaarheid is er alleen i.v.m. bestaande milieu wet- en regelgeving. De economische bruikbaarheid van het onderzoek (ook voor agro) is gering.

Case 2 Bodembioologie

Het terrein 'Bodembioologie' betreft natuurwetenschappelijk onderzoek, met een voornamelijk toegepast karakter. De analyse laat zien dat dit terrein sterk onderhevig is (geweest) aan onderzoekstimuleringsprogramma's, hetgeen ook logisch is voor meer toegepast onderzoek op een vooral voor de overheid belangrijk terrein. De vraag dient zich aan of er ook

een fundamenteel wetenschappelijke bodembologisch kern is die minimaal op niveau moet worden gehouden, gericht op een bepaald onveranderbaar maatschappelijk en/of economisch belang van de Nederlandse bodem. Of is bodembologie in feite alleen een toepassingsterrein waarop zich telkens een wisselende combinatie van disciplines naar opvolgende overheidsprogramma's richten (verzuring, bodemverontreiniging en nu klimaatonderzoek)?

Het bodembologisch onderzoek in Nederland is weliswaar kwalitatief sterk, maar beweegt zich in een stimuleringscontext die erg instabiel is en erg afhankelijk van de mate van politieke prioriteit van de milieuproblematiek. Hier dringt zich de vraag naar de relevantie van het terrein voor de andere taken van de Nederlandse overheid (bodemgezondheid etc.) op en ook de vraag naar de mate waarin ook andere, wellicht economische actoren, mede verantwoordelijk hiervoor zouden moeten worden gesteld.

Tabel 6.3. Samenvatting sterkte-zwakte analyse Biosensoren en Biosignaalverwerking

CRITERIUM	BEOORDELING	STERKTES	ZWAKTES
Kritische massa	+/-	Enkele toonaangevende centra vormen de spil in het sensor-netwerk	Weinig koppelingen tussen disciplines die van belang kunnen zijn voor toepassings-gerichtheid van het onderzoek
Systeem-eigenschappen	+/-	Sterk sensor-netwerk, o.a. door STW-projecten	Weinig multidisciplinariteit en netwerkvorming in relatie tot de procesindustrie
Wetenschappelijke kwaliteit	+	Sterke en excellente groepen in de kern van het vakgebied (UT) of daaromheen (TUD, UU, RUG) Belangrijk criterium is ook de langjarige steun van STW voor sensortechnologie Sterke activiteit van TNO op chemische en biosensoren Sterke activiteit op instrumentatie / fysische en elektronische sensoren (TUD, TNO-TPD-TUD) en microsystemen (TUD, UT)	Weinig expliciete koppelingen tussen het op deelterreinen vaak goede of excellente onderzoek dat nuttig kan zijn voor biosensoren Weinig input vanuit biologische, chemische, materiaalkundige disciplines
Maatschappelijke bruikbaarheid	+/-	Sensoren vormen een kritische factor in de procestechnologie Op deelterreinen snelle voortgang (micro-engineering, elektronica, fysische sensoren)	Veelbelovendheid van het gebied is al zeer lang bekend, weinig echte doorbraken Weinig industrieel onderzoek in de voedingsprocestechnologie

Case 3 (Bio)sensoren en (Bio)signaalverwerking

De analyse op het terrein '(Bio)sensoren en (bio-)signaalverwerking' - dat een technologisch onderzoeksterrein betreft - laat zien dat de ontwikkeling op dit terrein nog steeds enigszins aan het begin staat. Op deelterreinen is de kennisinfrastructuur zeer sterk, maar waar het gaat om integratie in toepassingen laat het gebied te wensen over. Nederland heeft echter een goede uitgangspositie. Belangrijke conclusie is dat het noodzakelijke

netwerk nog veel hiaten vertoont. Dit wordt nog eens geïllustreerd door het feit dat biosensoriek en biosignaalverwerking vooral toepassingen binnen procestechnologieën betreffen. Deze zullen echter vooral buiten de voedingsmiddelensector ontwikkeld worden door apparaten- en instrumentenbouwers. Dit maakt het vanuit het oogpunt van stimulering van biosensoren en biosignaalverwerking als relevante innovatie voor de agrosector nogal complex en vraagt veel afstemming.

De analyses van deze drie geselecteerde terreinen resulteren slechts in een deel van het totale beeld. Dit totale beeld zal aan het eind van fase 2 van het NRLO-verkenningenprogramma gereed zijn. Fase 2 zal nu vervolgd kunnen worden met een sterkte-zwakte-analyse over alle prioritaire gebieden. Deze analyse moet leiden tot conclusies en inhoudelijke aanbevelingen met betrekking tot de versterking van totale agro W&T-portefeuille.

6.3. Methodiek: evaluatie van de haalbaarheid

Gedurende de uitvoering van dit project is de in hoofdstuk 2 gepresenteerde methodiek voor ieder afzonderlijk W&T-terrein aangepast. Deze aanpassing werd bepaald door het W&T-terrein zelf, het beschikbare bronnenmateriaal, de keuze die daaruit is gemaakt en doordat in iedere case aanvullend een of meerdere technieken van data- en informatie-verzameling en analyse zijn gehanteerd.

Deze aanpassing hield het volgende in:

- In de eerste case, het terrein Voedingsgedrag, zijn vergeleken met de twee andere cases relatief veel expert-interviews uitgevoerd. Dit komt vooral doordat het terrein Voedingsgedrag multidisciplinair is.
- In het geval van de tweede case, Bodembioïologie, is door Sci-Quest een aanvullend bibliometrisch en bibliografisch onderzoek uitgevoerd. De reden om dat voor dit terrein te doen is dat Bodembioïologie vergeleken met de andere terreinen, een meer fundamenteel-wetenschappelijk karakter heeft. Daardoor is de extra waarde van bibliometrisch onderzoek hier het grootst.
- In de case (Bio)sensoren en (bio-)signaalbewerking is in de eerste plaats vrij uitvoerig ingegaan op de wetenschappelijk- en technologische basisdisciplines die aan dit terrein ten grondslag liggen. Dit is gedaan omdat het een sterk enabling en integrerend terrein van kennisontwikkeling betreft. Tevens heeft Sci-Quest een octrooi-analyse ten aanzien van biosensoren uitgevoerd. Doordat dit terrein meer dan de andere terreinen technologie-georiënteerd is was de verwachting dat de extra waarde van octrooi-analyse hier het grootst zou zijn.

Kritische massa

Het in kaart brengen van de onderzoeksgemeenschap op het betreffende W&T-terrein kostte een aanzienlijke tijdsinspanning en is in feite bijna uitsluitend op basis van interviews met betrokkenen en bestudering van jaarverslagen uit te voeren. Tegelijkertijd vindt ook de afbakening van het terrein plaats: wie valt nog wel en wie niet binnen de omschrijving van het terrein.

De beoordeling of de gevonden fte's ook voldoende kritische massa voor het betreffende terrein in Nederland vertegenwoordigen, vindt niet plaats op basis van de getallen alleen. De beoordeling kan alleen maar worden gemaakt doordat impliciet of expliciet de onderzoeker een oordeel geeft waarin, naast het aantal fte's, ook andere aspecten worden meegenomen zoals het relatieve aantal hoogleraren, de verdeling van de fte's over het aantal groepen en het maatschappelijk en economisch belang van het terrein. Dit inter-subjectieve oordeel, we komen hier een aantal keren op terug, kan zo blijkt uit deze haalbaarheidstudie alleen maar worden gegeven op basis van een goede, brede kennis van het terrein. Deze kennis zal vooral op basis van expert-interviews moeten worden opgebouwd, omdat op het niveau waarop de terreinen zijn gedefinieerd, weinig data beschikbaar zijn.

KRITISCHE MASSA

- Er is geen goede eenduidige methodiek beschikbaar waarmee de capaciteit op een specifiek en interdisciplinair W&T-gebied in kaart kan worden gebracht.
- Inspectie van kwantitatieve gegevens over onderzoekscapaciteit vereist zorgvuldige beoordeling en check door experts en betrokkenen.
- Het begrip 'kritische massa' is voor de sterkte-zwakte-analyse een belangrijk begrip, maar tegelijkertijd heel moeilijk te operationaliseren mede doordat het sterk vakgebied-afhankelijk is. Objectieve beoordeling is daarmee niet goed mogelijk.

Systeemkenmerken

Onder het kopje 'Systeemkenmerken' is een aantal aspecten van de terreinen ondergebracht die zowel iets van de onderlinge samenhang en samenwerking duidelijk moeten maken als van de dynamiek waarin het terrein zich bevindt en de externe relatie van actoren. Er is gekeken naar bestaande netwerken, naar sturing vanuit maatschappelijke en economische organisaties, naar het onderwijs. De systeemkenmerken laten zien in welke levensfase het terrein zich bevindt en hoe het interacteert met haar externe omgeving.

Het is een zeer nuttig criterium, maar tegelijkertijd ook zeer flexibel in haar omvang. Het laat toe dat voor het terrein specifieke omstandigheden die verband houden met samenhang, dynamiek en ontwikkeling in externe relaties in de analyse worden opgenomen.

In feite geldt voor dit onderdeel wat betreft de beoordeling hetzelfde als voor het onderdeel 'Maatschappelijke bruikbaarheid': er is een aantal relevante en interessante data op dit aspect te verzamelen, maar een objectieve cq. inter-subjectieve beoordeling is niet mogelijk. Ook hier geldt echter dat de resultaten van dit onderdeel, in het licht van het geheel een goede basis bieden voor het formuleren van relevante beleidsvragen. We stellen dan ook voor beide onderdelen in de analyse te laten staan.

Het door Sci-Quest verrichte bibliometrische onderzoek voor het gebied Bodembioogie leverde aanvullende gegevens op, met name verkregen op het gebied van netwerken en samenwerkingspatronen. Het onderzoek is verricht op het niveau van onderzoeksgroepen en op het niveau van auteurs. Er werden vier relatief hechte netwerken gevonden.

Wetenschappelijke kwaliteit

De meest betrouwbare uitspraak over de kwaliteit van onderzoek is die door *peers*, een groep van onafhankelijke, maar directe collega's. Dit zijn de enigen die het werk en de wereld waarin het werk functioneert, goed kennen. *Peer reviews* vinden plaats in het kader van de VSNU-onderzoeksbeoordeling, beoordeling door KNAW-commissies en in de wetenschappelijke audits van TNO en DLO. Deze bieden in principe een voldoende basis voor een kwaliteitsbeoordeling in het kader van deze analyse. Probleem is echter dat het aggregatieniveau van de *peer reviews* (vakgroep, afdeling) vaak hoger is dan die van de gekozen terreinen (werkgroep, of deel van werkgroep). Dit geldt in mindere mate voor de toekenning door bepaalde fondsen (NWO en STW-programma's). Deze kunnen als een kwaliteitskenmerk worden beschouwd; immers ook hier speelt *peer review* een belangrijke rol bij de beoordeling.

De resultaten van bovengenoemde *peer reviews* zijn, voor zover gegevens beschikbaar waren, bij alle cases meegenomen. Hieruit is een globaal beeld ontstaan waarin overigens nog wel lacunes zijn aan te wijzen.

Door Sci-Quest is een aanvullend kwantitatief onderzoek uitgevoerd naar de kwaliteit van de kennisinfrastructuur op het gebied van Bodembioogie. Sci-Quest vermijdt nadrukkelijk te vermelden dat er in hun analyses kwaliteit van onderzoek wordt gemeten. De resultaten van de output- en citatie-analyses moeten voor ieder veld op hun eigen merites worden beoordeeld. Wel kunnen de uitkomsten met gemiddeldes worden vergeleken; dat ook is gebeurd. Een van de conclusies is dat het Nederlandse onderzoek op het gebied van bodembioogie wat betreft publicatie-impact voldoet aan de referentiewaarde van het internationale wetenschappelijke domein maar niet buitengewoon excelleert.

Onze conclusie is dat de resultaten van het bibliometrisch en bibliografisch onderzoek een waardevolle aanvulling betekenen op onze vooral kwalitatieve en bibliografische aanpak. Onze bevindingen worden in hoge mate bevestigd door het onderzoek van Sci-Quest. Bovendien komen uit dit onderzoek enkele nieuwe aspecten naar voren zoals bepaalde onderzoeksgroepen die niet in de case study waren meegenomen.

WETENSCHAPPELIJKE KWALITEIT

- *Peer reviews* vormen een zeer belangrijke en onontbeerlijke bron voor kwaliteitsoordelen.
- Bibliometrische technieken vormen een belangrijke aanvulling daarop, zowel ter bevestiging van de resultaten van *peer reviews* als gericht op het aandragen van nieuwe resultaten.
- Kwalitatieve en kwantitatieve technieken zijn goed van elkaar te (onder-) scheiden en goed in combinatie toe te passen.

Maatschappelijke bruikbaarheid

De analyse van de drie terreinen op het criterium 'Maatschappelijke bruikbaarheid' achten wij niet geheel bevredigend. Het is goed mogelijk gebleken om te achterhalen wie de financiers en dus de gebruikers (zullen) zijn van de resultaten van de projecten en programma's waaraan in de cases wordt gewerkt. Er ontbreken echter in de eerste plaats een aantal sets met data; gegevens over de mate waarin de onderzoekers hun onderzoek in verschillende vormen afstemmen op de toekomstige gebruikers, gegevens over de mate waarin deze toekomstige gebruikers de resultaten zullen gebruiken, etc. In de tweede plaats ontbreken een aantal sets met criteria waaraan, voor ieder terrein apart, de gevonden data getoetst zouden moeten worden. Maatschappelijke bruikbaarheid is in feite een meerdimensionaal begrip omdat de criteria voor bruikbaarheid per doelgroep verschillen. Zo gaat het niet alleen om wetenschappelijke bruikbaarheid maar ook om commerciële en maatschappelijke bruikbaarheid.

De analyse en vooral de beoordeling op het criterium 'Maatschappelijke bruikbaarheid' kan dus, in de context van deze sterke-zwakke analyse zoals we ons die voor ogen zien, niet objectief cq. inter-subjectief plaatsvinden. Dat neemt echter niet weg dat de aspecten van bruikbaarheid die we hebben genoemd wel systematisch in kaart gebracht moeten worden, omdat ze informatie opleveren die aanleiding kan geven tot beleidsrelevante vragen en acties.

Voorts is ook de commerciële impact van onderzoek gemeten door octrooigedrag te analyseren voor de case Biosensoren en Biosignaalverwerking. Uit het door Sci-Quest uitgevoerde onderzoek bleek dat door de beperktheid van dit W&T-gebied de resultaten niet bruikbaar zijn.

MAATSCHAPPELIJKE BRUIKBAARHEID

- Maatschappelijke bruikbaarheid is een meerdimensionaal begrip dat vertaald moet worden naar verschillende doelgroepen.
- Bibliometrisch onderzoek biedt bij de beoordeling van wetenschappelijke bruikbaarheid een goede aanvulling op kwalitatieve oordelen vooral op basis van publicatie- en citatiegedrag.
- Aanvullend octrooi-onderzoek door databank-search heeft alleen zin als het een terrein met redelijke octrooi-activiteit betreft.

Evaluatie van de methodiek

In hoofdstuk 2, tabel 2.3 zijn de technieken genoemd die gebruikt kunnen worden voor de data- en informatievergaring voor de sterkte-zwakke analyse. Daarvan is een groot aantal in de cases gebruikt en zijn als aanvulling nog enkele door Sci-Quest uitgevoerd. Van de in tabel 2.1 genoemde technieken zijn de technieken uit de categorie 'Overige' allemaal niet gebruikt. Deze technieken kunnen gebruikt worden om informatie te verzamelen en te toetsen, ze zijn echter aanzienlijk arbeids- en kostenintensief vergeleken met de wel gebruikte technieken.

Afbakening W&T-terrein

Het in kaart brengen, karakteriseren en afbakenen van het terrein van analyse is niet als afzonderlijke activiteit in de beschrijving van de methodiek opgenomen, maar vormt wel degelijk een noodzakelijke basis voor de analyse. In case 1 en 2 zijn vier aspecten uitgewerkt die belangrijke karakteristieken van het veld uitmaken:

- inhoudelijke beschrijving van het terrein;
- de belangrijkste spelers (sociale kaart met publieke onderzoeksinstituten en bedrijven die op dit terrein onderzoek doen);
- de 'state of the art' met betrekking tot de onderzoeksthema's;
- de trends in onderzoeksthema's.

In case 3 is ten behoeve van de karakterisering een indeling gekozen in:

- *Voorwaardescheppende kennisgebieden*, deze liggen op (mono-)disciplinair maar ook op technologieniveau en maken nieuwe ontwikkelingen in disciplines, technologieën en toepassingen mogelijk.
- *Systeemgerichte kennisgebieden*; deze zorgen voor de doelmatige integratie van disciplines en technologieën in generieke (=breed inzetbare) technologische kennis.
- *Toepassingsspecifieke kennisgebieden*; deze zijn gericht op de voor specifieke toepassingen noodzakelijke kennisontwikkeling.

Beide indelingen die als aanvullend moeten worden beschouwd, maken het mogelijk om via gerichte informatieverzameling voor elk W&T-gebied tot een nadere karakterisering en invulling te komen. De methode voor deze informatieverzameling kan bestaan uit inspectie

van documenten (artikelen, verkenningen e.d.) en/of interviews met experts en betrokkenen.

Een alternatief is bibliometrische kartering: de toepassing van bibliometrische technieken voor de velddefinitie. Op basis van gegevens die opgeslagen zijn in specialistische databanken zoals publicatiegegevens over een aantal jaren, is clustering van een W&T-gebied mogelijk. Publicaties kunnen worden geselecteerd op basis van woordfrequentie en co-woord analyse. Door toepassing van meerdimensionale schaling resulteert een tweedimensionale kaart. Deze aanpak is vooral geschikt waar het gaat om omvangrijke W&T-gebieden, veel minder waar het gaat om kleinere specialistische terreinen. Toepassing van bibliometrische kartering op de specifieke W&T-terreinen uit deze studie achten wij daarom niet echt zinvol.

Sci-Quest heeft aanvullend met behulp van bibliometrische technieken de thematische structuur van een veld in kaart gebracht. Op deze wijze kan achteraf als het veld al is ingekaderd, de interne consistentie van het terrein worden onderzocht.

Bibliometrische analyses van wetenschapsgebieden moeten met de nodige behoedzaamheid worden gebruikt. De aanvankelijke definitie van een veld beïnvloedt de uitkomsten van het onderzoek. In de casestudie Bodembioologie is uitgegaan van vooronderzoek en expertadvies om tot een definitie te komen. Daarnaast zijn zowel jaarverslagen als de publicaties in de SCI geanalyseerd. Alhoewel in de interpretaties, ten behoeve van de leesbaarheid soms anders wordt gesuggereerd, hebben de uitkomsten waarover hier wordt gerapporteerd alleen betrekking op relaties tussen documenten en teksten zoals die aan de hand van bibliografische gegevens kan worden vastgesteld. Deze documentrelaties worden als een representatie van het veld in de interpretaties en discussies opgevat.

Er zijn natuurlijk belangrijke aspecten van onderzoek die bij een bibliometrische analyse buiten beeld geraken. In het bodembioologisch onderzoek bijvoorbeeld de technieken, procedures en instrumenten die voor bodemreiniging worden ontwikkeld. Daarom is het van groot belang de bevindingen in dit deel te betrekken op de andere set van resultaten (zoals gepresenteerd in 4.2 en 4.4) waarin meer kwalitatieve informatie te vinden is.

AFBAKENING

- Wij bevelen aan een meer systematische kartering op te nemen op basis van een goede schematiek en gerichte expert-interviews, zodat het terrein op inhoudelijke en actor aspecten inzichtelijk wordt en de logische keten tussen disciplines, (generieke) technologie en toepassingsgerichte kennis duidelijk wordt.
- Bij 'grote' W&T-gebieden valt toepassing van formele karteringsmethoden te overwegen als min of meer 'objectief' startpunt. De kaart dient echter zorgvuldig te worden geïnterpreteerd

Conclusie

Op basis van bovenstaande evaluatie stellen we voor om voor de sterkte-zwakte analyse van prioritaire W&T-gebieden in de agrosector een basismethodiek te hanteren. De basismethodiek bestaat uit de volgende onderdelen (zie ook tabel 6.4):

- I. Karakterisering en afbakening
- II. Sterkte-zwakte analyse:
 - A. Kritische massa;
 - B. Systeemkenmerken;
 - C. Wetenschappelijke kwaliteit en maatschappelijke bruikbaarheid.

Tabel 6.4 Technieken voor data-collectie (tussen haakjes staan enkele aanvullende methoden en analyse-aspecten)

TECHNIEK ASPECT	INTERVIEWS	DESK RESEARCH	BIBLIOMETRIEK	OVERIG
I: Afbakening	V	V		
II: Sterkte-zwakte analyse				
II.a. Kritische massa	V	V		
II.b. Systeem- kenmerken	V	V	(V)	(expert workshop boardroom sessie)
II.c. Wetenschappelijke kwaliteit en maatschappelijke bruikbaarheid	V	V	(V)	(expert workshop boardroom sessie)
(Internationale vergelijking)	(V)	(V)	(V)	

Uitvoering van een analyse volgens de basismethodiek, inclusief rapportage, vergt een tijdsinspanning van ongeveer 10 werkdagen, afhankelijk van de omvang van het terrein.

Naar gelang er specifieke vragen bij een of meerdere van de geselecteerde prioritaire gebieden zijn te stellen, kan ervoor worden gekozen aanvullende deel-analyses uit te voeren. Daarvoor zijn bibliometrische methodieken beschikbaar, maar er ook kunnen door expert interviews of aanvullend bronnenonderzoek analyses op specifieke aspecten worden uitgevoerd. Tevens kan aanvullend ter toetsing workshops en boardroom sessies worden gehouden. Dit geldt ook voor de internationale vergelijking. Deze kan aanvullend op de analyse volgens de basismethodiek worden uitgevoerd. In de bibliometrisch onderzoek 'Bodembiologie' van Sci-Quest is een dergelijk onderdeel opgenomen. Deze mogelijkheden zijn in tabel 6.4 tussen haakjes opgenomen.

6.4. Voorstel voor het vervolg

De haalbaarheidsstudie waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan, is ontworpen als eerste stap van fase 2 van het NRLO-verkenningenprogramma. In de tweede stap van deze fase 2 kan een sterkte-zwakte analyse worden uitgevoerd van alle in fase 1 beschreven prioritaire W&T-gebieden.

We stellen voor dat TNO-STB, wanneer de resultaten van fase 1 bekend zijn en is vastgelegd welke de prioritaire gebieden zijn, in overleg treedt met de NRLO en de planning voor de werkzaamheden van stap 2 van fase twee bespreekt. De essays die in het kader van fase 1 zijn geschreven, bevatten al materiaal voor de analyse en verwijzen ook naar bepaalde beleidsrelevante aspecten van het terrein die in de analyse extra aandacht verdienen.

In de planning moet ervan uitgegaan dat van ieder terrein, met de basismethodiek een sterkte-zwakte analyse wordt uitgevoerd en dat tevens wordt vastgesteld welke aspecten extra aandacht moeten krijgen. Dit levert een totaal overzicht op met een sterkte-zwakte analyse van alle onderdelen van de totale W&T-portefeuille.

Vervolgens kan in stap 3 van fase 2 de analyse op portefeuilleniveau plaatsvinden. Daarin zal aandacht worden besteed aan:

- de verschuivingen tussen de onderzoeksbestedingen (substitutie);
- het kwantitatieve beeld van de aanwezigheid van de Nederlandse agrokennisinfrastructuur in W&T-gebieden die minder of meer relevant (competitief) zijn, W&T-gebieden die opkomend, volwassen dan wel verouderd zijn etc,
- een evaluatie van systeemkenmerken voor zover deze werkzaam zijn op de drie aangegeven aggregatieniveaus:
 - ◊ kenmerken die gelden voor het agro-kennissysteem als geheel;
 - ◊ kenmerken die gelden voor de vier deelterreinen waarop in fase 1 tot prioritaire gebieden is gekomen;
 - ◊ kenmerken die gelden voor de specifieke deelterreinen waarop in fase 2 de sterkte-zwakte analyse is uitgevoerd.

Deze laatste stap, die meteen nadat stap 2 is voltooid, kan starten, leidt tot een visuele presentatie van de sterktes en zwakten over de gehele portfolio van prioritaire W&T-gebieden. Naast deze visuele presentatie wordt een beleidsgericht overzicht met conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

Bijlage 1: Bronnen

- Jaarverslagen STW (1996), DIMES (1994, 1995), MESA (1994, 1995), AB-DLO (1995), LUW (1995)
- DLO Onderzoeksplan 1996
- NWO, Trends in de Wetenschap (1995)
- VSNU, Quality Assessment of Research 'Netherlands Biology in the Nineties'(1994)
- VSNU, Quality assessment of Research, 'Electrical Engineering' (1995)
- VSNU, Quality Assessment of Research, Economics, Utrecht, 1995
- VSNU, Quality Assessment of Research, 'Chemistry Past Performance and Future Perspectives'(1996)
- OC&W, 'De technologische kennisinfrastructuur van Nederland' (1996). Opgesteld door TNO-STB
- Evaluatie van het programma Landbouw biotechnologie (PcLB), en de IOP's: katalyse, Industriële Eiwitten, Koolhydraten, Uitgevoerd door TNO-STB in de periode 1987-1994.
- NOWT, 'Wetenschap en Technologie Indicatoren 1996'. Zoetermeer (1996).
- VLAG, *Annual Report 1995*, Food technology, agrobiotechnology, nutrition and health sciences, Wageningen, 1996
- SWOKA/Research voor Beleid, *Overzicht publicaties*, Leiden, 1997
- Rijksuniversiteit Groningen, *Tabellenboek Wetenschappelijk Onderwijs en Onderzoek*, Groningen, 1994
- Maastricht University, Nutrition Toxicology and Environment Research Institute Maastricht
- *Report 1995*, Maastricht, 1996
- Wageningen Agricultural University, *Scientific Report 1995*, Wageningen, 1996
- Erasmus University Rotterdam, Fac. der Bedrijfskunde, *Assessment of research in management 1997*, Rotterdam, 1996
- VSNU, BIOS 1994, Research Schools in the Netherlands, Utrecht, 1995
- Nat. Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, Visie op voedingsonderzoek in Nederland
- Stand van zaken en aanbevelingen voor de jaren '90, Taakgroep Humane voeding NRLO/RGO, Den Haag, 1991
- STW, Proceedings Workshop Sensortechnologie 1997
- Platform Sensor technologie, Proceedings 1996 National Sensor Conference, Delft
- Proceedings Sensortechnologie Workshop & Conferentie, Veldhoven (1992)
- Mansholt Institute, *Annual Report 1995*, Wageningen, 1996
- Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek, *Progress Report 1995*

Bijlage 2: Drie onderzoeks-databanken

1. NEDERLANDSE ONDERZOEK DATABANK, KNAW/NBOI

(Uitdraai Home Page Internet, maart 1997)

Nederlands Bureau voor Onderzoek Informatie (NBOI)

Werkgebied: informatievoorziening over lopend wetenschappelijk onderzoek in Nederland.

Taken:

- Landelijke registratie van lopend wetenschappelijk onderzoek in samenwerking met de Bibliotheek KNAW; het Sociaal-Wetenschappelijk Informatie- en Documentatiecentrum KNAW; Pudoc-DLO; de Koninklijke Bibliotheek en de Bibliotheek van de Technische Universiteit Delft
- Beschikbaarstelling van de verzamelde onderzoeksgegevens van de on-line raadpleegbare Nederlandse Onderzoek Databank (NOD).

Status: Akademie-instituut sinds 1993.

Personeelsbestand: aantal personeelsleden in dienst van de KNAW per 31 december 1995: 7 (6,50 FTE).

Curatorium: voorzitter: A. de Ruijter, leden: R. Baré, H. van Dommelen, W. van Drimmelen, W.J. van Gils, J.A. van Ginkel, A.F. Marks, W.A. van Niekerk, F. Schutte, A.P. Verkaik, L.J.M. Waaijers.

Directeur: M. van der Graaf.

Adres: Kloveniersburgwal 29, Postbus 997, 1000 AZ Amsterdam, tel. 020-5510852, fax 020-6276050, e-mail info@nboi.knaw.nl, WWW-adres <http://www.nod.nboi.knaw.nl>.

De Nederlandse Onderzoek Databank (NOD)

De Nederlandse Onderzoek Databank (NOD) bevat informatie over lopend wetenschappelijk onderzoek, hoogleraren en onderzoeksinstituten.

Hoofdmenu NOD

Gezocht kan worden in:

- Projectbeschrijvingen lopend onderzoek Nederland en Vlaanderen.
- Adressen en beschrijvingen van instituten in Nederland.
- Namen en leeropdrachten van hoogleraren en uhd's in Nederland.

- Projectbeschrijvingen EU (CORDIS).
- Projectbeschrijvingen van Brits onderzoek (CRIB).
- Combinaties van bovenstaande bestanden.

Voedingsgedrag

Voorbeeld van een project zoals vermeld in de NOD

Titel : Smaakbeleving van de consument als determinant van zijn voedselkeuzegedrag.

Titel (Engels) : Flavour perception of the consumer as a determinant of his feeding preferences.

Projectleider : Lowik, M.R.H.

Begindatum : 199400

Einddatum : 999999

NBOI-classificatie : A71000 D51000

NBOI-nummer : N043877

Bron : Pudoc-DLO

Instituutscodé : T.Zst.Vo.

Instituut : TNO Voeding

Bezoekadres Utrechtseweg 48 3704 HE Zeist

Postadres Postbus 360 3700 AJ Zeist

Telefoon 030-6944144

Fax 030-6957224

E-mail markt@voeding.tno.nl

Bodembioologie

Titel : Aëratie van gestructureerde gronden.

Titel (Engels) : Aeration of aggregated soils.

Samenvatting: Microbiologische en chemische processen in de bodem worden bepaald door de in de bodem optredende lokale condities. Het belang van denitrificatie, bijvoorbeeld, wordt mede bepaald door lokale zuurstofloosheid. Hierdoor bestaat er een natuurlijk verband tussen het onderzoek aan gastransport en dat aan de nitraathuishouding. Lokale zuurstofconcentraties worden bepaald door de geometrische structuur van de bodem enerzijds en een heterogeen verdeelde vraag naar zuurstof anderzijds. Het resultaat daarvan is een ingewikkelde verdeling van zuurstof in de bodem, die wordt gemeten met

behulp van zuurstofelektroden waarvan er meerdere tegelijk en automatisch een concentratieprofiel opmeten in een ongestoorde kolom bij een bekend vochtgehalte en een ingestelde temperatuur. Behalve het aantal zuurstofloze plekken en hun grootte, leveren deze metingen ook een indruk van de lokale bodemactiviteit, een voor de bodembioologie belangrijke maar slecht bekende grootte. Voor de interpretatie van concentratieprofielen en hun statische eigenschappen is theoretisch onderzoek noodzakelijk. Het doel van dat onderzoek is om te komen tot een operationele beschrijving van de bodemstructuur en de bodemactiviteit die met behulp van zuurstofprofielen gekwantificeerd kan worden en die het verder mogelijk maakt om berekeningen uit te voeren aan denitrificatie en andere processen. De metingen zullen meestal uitgevoerd worden aan bodems waarvoor de stikstofkringloop bestudeerd wordt in het kader van andere projecten.

Samenvatting (Engels) : soil air relations, oxygen concentrations, soil structure, soil biology, soil chemicophysical properties, denitrification.

Projectleider : Rappoldt, Drs. C.

Begindatum : 199400

Einddatum : 199800

NBOI-classificatie : A21000 A13000 D15100

Alle trefwoorden AERATION AIR OXYGEN DENITRIFICATION SOIL AIR RELATIONS SOIL STRUCTURE SOIL BIOLOGY SOIL CHEMICOPHYSICAL PROPERTIES [RMNO]
analysemethode BODEM bodemstructuur concentratie processen stikstof zuurstof

NBOI-nummer : N036385

Bron : Pudoc-DLO

Instituutscade : R.Hrn.LV.AB

Instituut : DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek

AB-DLO Vestiging Haren

Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Bezoekadres Oosterweg 92 9751 PH Haren(Gr)

Postadres Postbus 129 9750 AC Haren(Gr)

Telefoon 050-5337777

Fax 050-5337291

E-mail postmaster@ab.dlo.nl

Biosensoren

Voorbeeld van een project zoals vermeld in de NOD

Titel : Enzymatische katalyse aan vaste oppervlakken en biosensoren.

Titel (Engels) : Enzymatic catalysis on solid surfaces and biosensors

Projectleider : Duine, Prof.Dr.Ir. J.A.

Onderzoeker(s) : Bastelaere, Dr. P.B.M. van, Jongejan, Dr.Ir. J.A., Bastelaere, Dr. P.B.M. van, Dewanti, Ir. A.R.

Begindatum : 000000

Einddatum : 999999

VF-nummer : TUD/STM54/94/31

NBOI-classificatie : A90000 D21300

Alle trefwoorden enzymologie hydrolasen katalyse

NBOI-nummer T921232

Bron : Bibliotheek TU Delft

Instituutscade : U.TUD.Sc.MbEz

Instituut : Vakgroep Microbiologie en Enzymologie Faculteit der Scheikundige Technologie en der Materiaalkunde Technische Universiteit Delft, Kluyverlaboratorium voor Biotechnologie (LBIT)

Bezoekadres Julianalaan 67 2826 BC Delft

Postadres Postbus 5057 2600 GB Delft

Telefoon 015-2782416

Fax 015-2782355

E-mail SECRETARIAT.ME@STM.TUDELFT.NL

2. STICHTING VOOR DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN (STW)

(Selectie gekozen uit een uitdraai Home Page Internet, maart 1997)

Welkom op de World Wide Web Site van de Stichting voor de Technische Wetenschappen. U kunt hier informatie vinden over het door de STW gefinancierde onderzoek. De onderstaande tabel geeft een kort overzicht over de verschillende soorten informatie die u hier kunt aantreffen.

Algemeen : Algemene informatie over de STW.

KNA : Het Kennis Netwerk Acces voor alle vragen over onderzoek.

Projecten : Overzicht van de - door de STW gefinancierde - onderzoekprojecten. De database omvat momenteel 711 projecten.

Programma's : Overzicht van de STW Technologie Programma's.

Zoeken : Een eenvoudige zoekmogelijkheid op deze site. D.m.v. trefwoorden, begrippen e.d. kunt u alle pagina's (momenteel 1028) van deze site doorzoeken.

© STW Postbus 3021 3502 GA Utrecht

Tel. +31 (0)30 292 32 11

Fax. +31 (0)30 296 15 36

E-mail: info@stw.nl

Algemene informatie

Voorstellen indienen bij de STW: Onderzoekers van Nederlandse universiteiten kunnen onderzoeksvoorstellen indienen bij de STW.

Het voorstel wordt daar op twee kenmerken beoordeeld:

- Wetenschappelijke kwaliteit: is het voorstel voldoende gericht op de verwerving van nieuwe kennis; is de aanpak wetenschappelijk verantwoord; is het team competent.
- Utilisatie: is het onderzoek gericht op toepassing; is er al contact met mogelijke gebruikers; hoe worden gebruikers -waaronder producenten- bij het onderzoek betrokken.

Ieder voorstel passeert circa zes referenten, zowel vakdeskundigen als gebruikers. De indiener kan desgewenst reageren op hun commentaar. Aan de hand van de gegevens bepaalt een lekenforum van wijze mannen en vrouwen, onafhankelijk van elkaar, de score voor kwaliteit en utilisatie. Die score is bepalend voor de honorering van het voorstel.

Utilisatie: Toepassing van resultaten wordt bevorderd door een commissie van gebruikers bij het onderzoek te betrekken. Gebruikers kunnen afkomstig zijn uit bedrijven of instellingen. Ook de overheid kan gebruiker zijn. De gebruikerscommissie overbruggt de kloof tussen wetenschap en praktijk. De commissie overlegt regelmatig met de onderzoeker en geeft suggesties voor een te volgen richting die, met name voor de industrie, interessant is. Een wetenschappelijk resultaat kan op die manier tot een commercieel succes leiden. Kennisoverdracht en utilisatie is het doel dat de STW nastreeft. Langs deze weg werkend, ontstaan tal van STW-netwerken.

STW - Onderzoekprojecten

Vanuit deze pagina kunt het STW onderzoek raadplegen; er zijn drie verschillende methodes om projecten/onderzoek te vinden:

Zoeken op universiteiten : De STW financiert onderzoek aan alle Nederlandse universiteiten, kiest u voor deze optie, dan krijgt u een overzicht van de universiteiten waar STW-onderzoek wordt uitgevoerd. Nadat u voor een universiteit heeft gekozen krijgt u een lijst met onderzoekprojecten aan de verschillende faculteiten van deze universiteit; ieder project kan dan wederom worden aangeklikt, waarna u een beschrijving van het onderzoek zelf krijgt.

Zoeken op vakgebieden : Heeft u vragen m.b.t. een bepaald vakgebied, dan kunt u deze optie kiezen. U krijgt een lijst met vakgebieden waaruit u kunt kiezen. Nadat u uw keuze heeft gemaakt, krijgt u een overzicht van het onderzoek op dat terrein, gesorteerd naar universiteit. De verschillende projecttitels kunt u dan wederom aanklikken voor meer informatie.

Zoeken met trefwoorden : Naast de twee hierboven genoemde (hiërarchische) zoekmethoden, kunt u zoeken op trefwoorden. Kiest u voor deze optie, dan krijgt u een formulier waarin u uw zoekopdracht kunt invullen. Nadat u de trefwoorden heeft ingevuld, wordt de gehele database doorzocht, dus niet alleen de titel van het onderzoek, maar alle gegevens. Let u er wel op dat sommige beschrijvingen van het onderzoek in het Engels zijn opgesteld, vindt u niet direct wat u zoekt, probeer dan een Engels begrip. Uw 'browser' moet dan echter wel 'forms' ondersteunen (bv Netscape 2.0)

STW - Technologie Programma's

De STW is verantwoordelijk voor de uitvoering van diverse technologie programma's De onderstaande lijst geeft een overzicht van de lopende (en in oprichting zijnde) programma's:

- Het Open Technologie Programma
- STW's Technologie Programma's
 - ProRISC
 - Schone Verbranding
 - Sensoren
 - Materialen
 - Gewasbescherming
 - Grenzen aan Welzijn en Dierlijke Productie
 - Duurzaamheid, maatschappelijke ontwikkeling en technologische vernieuwing:
 - Strategieën voor een duurzame voedselproductie en -consumptie
 - Procesvernieuwing voor een schoner Milieu

Neurale Netten

Wiskunde Toegepast

- Programma's In Oprichting (PIO's)

Multi Media

- Overige initiatieven

NWO PIONIER

STA Fellowshipprogramma

Voedingsgedrag

Voorbeeld van een programma zoals vermeld in de STW-databank

*Titel: Duurzaamheid, maatschappelijke ontwikkeling en technologische vernieuwing:
Strategieën voor een duurzame voedselproductie en -consumptie.*

Dit onderzoekprogramma begeeft zich op het terrein van de relaties tussen milieu-processen, maatschappelijke en culturele veranderingen en technologische en industriële innovaties. De ontwikkeling van dit onderzoekgebied is ondermeer aanbevolen door de Raad voor het Milieu- en Natuur Onderzoek (RMNO).

Het sluit ook aan bij activiteiten in het Vierde Kaderprogramma van de Europese Unie de European Science Foundation en het Human Dimensions Programme of Global Change. Het onderzoekprogramma wordt toegespitst op het thema Voeding.

Technologische oplossingen kunnen, juist in wisselwerking met culturele en structurele aanpassingen, een bijdrage leveren aan het realiseren van een duurzame voedselproductie. Het programma wordt uitgevoerd onder auspiciën van de gebiedsbesturen Technische Wetenschappen en Maatschappij- en Gedragswetenschappen, in samenwerking met de onderzoekscholen SENSE en VLAG. NWO investeert hierin 5 miljoen gulden. Er bestaan raakvlakken met de interdepartementale programma's Duurzame Technologische Ontwikkeling en Economie, Ecologie en Technologie.

Biosensoren

Voorbeeld van een project zoals vermeld in de STW-databank

Titel van het onderzoek: Biosensoren op basis van elektronen-geleidende polymeren die oxido-reductases als selector bevatten (NCH11.2488).

Omschrijving van het onderzoek : Dit project heeft tot doel de ontwikkeling van een nieuwe generatie amperometrische biosensoren. Het kenmerk van deze sensoren is een directe communicatie tussen het actieve centrum van het redoxenzym en de elektrode welke in dit geval is gemodificeerd met een geleidend polymeer. De bij het proces betrokken elektronen worden via een stroomverandering (amperometrie) gemeten. Om dit te bereiken wordt voor het redoxenzym een geschikte omgeving gecreëerd waarin het contact met het geleidende polymeer optimaal is. Het onderzoek dient te leiden tot een concreet biosensor-ontwerp. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen disposable sensoren en sensoren die voor hergebruik geschikt zijn. Bij disposable sensoren is de stabiliteit bij opslag van overwegend belang, terwijl bij meermalig te gebruiken sensoren de stabiliteit t.o.v. het aantal metingen het zwaarst telt.

Resultaten van het onderzoek : In dit project zijn een aantal kansrijke mogelijkheden worden uitgewerkt om tot een bruikbaar biosensorsysteem te komen op basis van redox-enzymen en geleidende polymeren. Biosensoren die werken op basis van het principe van directe communicaties tussen enzym en elektrisch geleidende matrix en die zeer breed kunnen worden toegepast. De sensoren zijn ontwikkeld met het oog op toepassing als hetzij disposable hetzij als herbruikbare sensor.

Gebruikers : Drie bedrijven en één non-profit organisatie.

Projectleider : Dr. C.G.J. Koopal, TNO-Voeding, Afd. Microbiologie

Status van het project : Gestart: 01/05/1991, Einddatum: 01/03/1994

Trefwoorden: enzymen, geleidend polymeer, glucosesensor, sensor, biosensor

Bodembioologie

Voorbeeld van een project zoals vermeld in de STW-databank

Titel van het onderzoek: Degradation of environmental pollutants by plant root-colonizing bacteria (GBI55.3868/M)

Omschrijving van het onderzoek : Biodegradatie van milieuverontreiniging door plantenwortelkoloniserende bacteriën.

One of the most important environmental problems is soil pollution by toxic organic compounds of man-made origin (xenobiotics). Contaminated soil can be remediated biologically by stimulating the activity of microorganisms that can degrade the compounds of interest. However, effective degradation often does not occur because of the inability of soil to sustain sufficiently high microbial activity for recalcitrant compounds and because desorption of hydrophobic contaminants often is too slow. The goal is to explore the

potential of plant rhizosphere microorganisms for improved degradation of soil pollutants and to obtain the knowledge required for developing cleanup methods based on the degradation capacity of the rhizosphere. The idea is based on the observation that the density of specific soil bacteria is increased enormously by cultivation of plants. Bacterial cell numbers in the rhizosphere can be 1,000- to 10,000-fold higher than in plantless soil. The difference is mainly due to the constant supply of nutrients in the form of plant exudates, which constitutes up to 35% of the total photosynthate of the plant.

We hypothesize that it will be possible to strongly increase biodegradation rates by growing plants that root deeply and extensively (certain grasses have root systems that can go down to ca. 150 cm) together with rhizosphere-colonizing microorganisms that have the capacity to metabolize specific chemicals. This will require the colonisation of plant roots by xenobiotic-degrading bacteria or the transfer of this degradation activity to rhizosphere organisms. In addition, growth of plant roots will improve soil porosity and air supply. In order to develop methods for using the plant-rhizosphere system for soil bioremediation, the following will be researched:

1. to investigate how xenobiotics-degrading activity can be introduced into rhizosphere microflora, either by inoculation with specific strains or by gene transfer to root colonisers;
2. establishing the potential of rhizosphere organisms to degrade xenobiotics and to stimulate desorption of organic compounds from soil;
3. to determine the effect of root exudates on the degradation of pollutants by soil organisms.

Gebruikers : Vier bedrijven en één non-profit organisatie.

Projectleider : Prof.dr. P.J. Weisbeek Universiteit Utrecht, Vakgr. Moleculaire Celbiologie Transitorium 3

Overige STW-projecten biosensoren:

1. Amperometrische biosensoren gebaseerd op arrays van afzonderlijk gemodificeerde micro-electroden.
2. Elektrospectroscopie van de adsorptie van eiwitten in relatie tot de ontwikkeling van biosensoren.
3. Synthetische mini-antilichamen voor antigeen binding in biosensoren.
4. Biosensoren op basis van elektronen-geleidende polymeren die oxido-reductases als selector bevatten.

3. CORDIS (Europese Commissie)

Dit is een uitdraai van gegevens die op Internet staan vermeld (maart 1997). In enkele projecten doen Nederlandse partners mee. Ze staan vet afgedrukt. De projecten laten zien welke onderwerpen hoog op de Europese onderzoeksagenda staan. Een doorlichting van de CORDIS-databank op het gebied van bodembiologie (via diverse inhoudelijke trefwoorden en EU-programma-afkortingen) leverde geen relevante projecten op.

Biosensoren

Voorbeeld van een project in CORDIS

5. BIOSENSORS FOR ASSAY OF QUALITY CONTROL OF FOODS

Projects/Copyright, ECSC-EC-EAEC, Luxembourg 1997

Record Control Number : 34969

Quality Validation Date : 07-Jan-1997

Update Date : 14-Jan-1997

Title : BIOSENSORS FOR ASSAY OF QUALITY CONTROL OF FOODS

Subject Index Code : Agriculture, Food, Resources of the Sea, Fisheries

Objective : The aim of this project is the development of electrochemical biosensors for lysine and furosine to be used for rapid analysis of food quality control.

General Information: The specific objectives are to:

- set-up a new and rapid method for protein hydrolysis by microwave technique;
- assemble and evaluate of a newly designed biosensor for analysis of lysine in food;
- develop a prototype for on-line measurement of lysine in food;
- assemble and evaluate of an immunosensor for determination of furosine in food;
- evaluate of the food quality by coupling of the hydrolysis-biosensors techniques.

The sensors developed will be used to measure the nutritional quality of food. Such a task will be accomplished by the development of a newly designed enzyme probe for lysine, which will be interference free from other amino acids and will perform the analysis of lysine produced by protein hydrolysis in less than 1 hour.

This goal will be reached by coupling a microwave hydrolysis technique with the fast and accurate determination of lysine with the biosensor.

In addition, a furosine electrochemical immunosensor will be developed. This compound is formed when a reducing sugar reacts with the free amino group of proteins, mainly the amino group of lysine. This is known as the Maillard reaction, and is believed to be the main outcome of food heating. We propose herein a combined biosensor/immunosensor method for the determination of free lysine and furosine. The analysis of furosine will, first, be carried out using a colorimetric Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA). This method will be further developed and adapted to an electrochemical detection.

Both the procedures for lysine and furosine will be tested during processing and storage of food produced by La Molisana, Italy (minor subcontractor).

The proposed method will ultimately lead to a portable amperometric based instrument which could be operated by non-scientific personnel. This will be a low cost instrument, not only from its construction point of view (less than 1,000 ECU), but also the cost per assay will be very low, thus providing a huge advantage over chromatographic methodologies.

The method, when developed, will be useful in all high tech food processing and packaging industries to assess the nutritional quality of food, feeds and beverages.

Duration : 36 months

Programme Acronym : FAIR

Subprogramme Area : Generic science and advanced technologies for nutritious foods -
Advanced and optimized technologies and processes

Project Reference : FAIR951095

- Prime Contractor

Organisation : UNIVERSITY COLLEGE CORK

Organisation Type : Education

Department : CHEMISTRY DPT.

City : CORK

Region: South West

Country : IRELAND

Contact Person : Name: GUILBAULT, GEORGE (PROF.)

Tel: +353-21-902403

Fax: +353-21-903103

- Other Contractors

Organisation Name: UNIVERSITÀ DI ROMA TOR VERGATA

Organisation Type: Education

Contact Person: PALLESCHI, GIUSEPPE (PROF.)

Department: DPT. OF SCIENCE AND CHEMICAL TECHNOLOGY

Address: VIA DELLA RICERCA SCIENTIFICA

City: ROMA

Region: Roma

Country: ITALY

Post Code: 00133

Telephone: +39-6-72594394

Fax: +39-6-72594328

E-mail: PALLESCHI TOVX1.CCD.UTOVRM.IT

Organisation Name: NATIONAL AND KAPODISTRIAN UNIVERSITY OF ATHENS

Organisation Type: Education

Contact Person: PAPASTATHOPOULOS, DEMETRIUS (PROF.)

Department: LAB. OF ANALYTICAL CHEMISTRY, DPT. OF CHEMISTRY

Address: PANEPISTIMIOPOLIS

City: ATHENS

Region: ATTIKI

Country: GREECE

Post Code: 157 71

Telephone: +30-1-7284317

Fax: +30-1-7231608

E-mail: ANALYT@ARNOLD.PHCHEM.UOA.ARIADNE-T.GR

Organisation Name: UNIVERSITÀ DEL MOLISE

Organisation Type: Education

Contact Person: CUBADDA, RAIMONDO (PROF.)

Department: DPT. DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI, AMBIENTALE E MICROBIOLOGICHE

Address: VIA TIBERIO, 21

City: CAMPOBASSO

Region: Campobasso

Country: ITALY

Post Code: 86100

Telephone: +39-874-481357/ Fax: +39-87

Voedingsgedrag

Voorbeeld van een project in CORDIS

Assessment of the relative importance of components of attitude in determining consumer choice. The influence of mineral nutrition on the composition of tubers and fry colour of potato at lighting and long term storage.

Projects/Copyright, ECSC-EC-EAEC, Luxembourg 1997

Record Control Number: 53

Quality Validation Date: 20-Jan-1994

Update Date: 11-Aug-1995

Title: Assessment of the relative importance of components of attitude in determining consumer choice. The influence of mineral nutrition on the composition of tubers and fry colour of potato at lighting and long term storage.

Subject Index Code : Agriculture, Food

Start Date : 10-Dec-1986

End Date : 10-Dec-1989

Duration : 36 months

Project Status : Completed

Programme Acronym : AGRIRES 3C

Project Reference : 2710

Prime Contractor

Organisation : AFRC INSTITUTE OF FOOD RESEARCH

Address : READING RG2 9AT

City : SHINFIELD

Country : UNITED KINGDOM

Contact Person : Name: CURTIS, R.F.

Telephone : +44-734-883103

Telex: : 265871

Summary

Enzing, C.M., Limpens, I. and Schaffers, H.L. *Method for quality assessment of the agricultural knowledge infrastructure - An analysis from three case studies*. The Hague (The Netherlands), National Council for Agricultural Research (NRLO), 1997. NRLO Report 97/23.

[Original title: Methode voor kwaliteitsbeoordeling van de agro-kennisinfrastructuur - Een haalbaarheidsanalyse op basis van 3 case studies]

Objective and result

At the request of the National Council for Agricultural Research (NRLO), the TNO Institute for Strategy, Technology and Policy of the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) conducted a feasibility study to find a method for systematically assessing the quality of Dutch agricultural R & D infrastructure. This would help NRLO to gain a better understanding of the portfolio of knowledge available to the agricultural sector, and to form a basis for NRLO to indicate the direction in which that portfolio of knowledge should be strengthened in the light of future challenges.

The method developed in this study was tested in case studies on three specific scientific and technological areas: 'Nutritional science', 'Soil biology' and '(Bio)sensors and signal processing'. The final result of the project comprises both the devised method and the results of testing the method in these three case studies. In essence the result contains a 'profile' of the quality of the knowledge R & D infrastructure using a multi-criteria approach.

Development of method

The development of a method consists of two components: characterising and demarcating the area of knowledge, and drawing up a profile of the R & D infrastructure by means of the 'strengths-and-weaknesses' analysis. The basic principle in the development of a method is a systematic view of the process of knowledge generation. Resources on the input side are ultimately transformed into research results on the output side. This output relates to both actual performance and potential future performance, which is determined by the underlying systematic features of the knowledge infrastructure.

As a result, three groups of evaluation aspects are relevant central importance: resource position, systematic features, and performance. In describing the resource position the emphasis is on the capacity investment and R & D financing. An appreciation of these finally leads to an understanding of critical mass as applied to research in an area of knowledge. The systematic features of the R & D infrastructure relate mainly to the financial and management-directing mechanisms, the collaborative networks and mechanisms for

introducing new blood in the area of human resources. In describing performance, the main factors are 'scientific quality' and 'social and economic usefulness'.

The construction of the strengths-and-weaknesses analysis is based on the above-mentioned three groups of evaluative aspects by distinguishing three levels: criteria, indicators and data. After information from various sources has been gathered and systematised in a carefully targeted way, a set of indicators can be drawn up. These indicators are linked to the criteria which determine the three groups of evaluative aspects. The translation of indicators into a final conclusion on strengths and weaknesses cannot be achieved entirely without ambiguity, because the basic information is both qualitative and quantitative, both subjective and objective in nature. Besides, several criteria are important when making the evaluation. For this reason, the result of the research is more a profile of the quality of the R & D infrastructure using a multi-criteria assessment, and in specific areas of the relevant criteria may still vary.

Demarcation of fields of knowledge

The three areas of knowledge on which the strengths-and-weaknesses analysis focused were described in two parts: a substantive characterisation of the field of knowledge (division into disciplines and core technologies, a description of trends and developments in research), and a description of the R & D infrastructure. Hence in the case of 'Biosensors and biosignal processing' a thorough analysis was made of the structure of the field of knowledge and related areas of the development of knowledge and research trends. In all cases a thorough analysis was made of the knowledge infrastructure in the core areas of the relevant field of knowledge. This demarcation is an important foundation for the strengths-and-weaknesses analysis.

The case studies evaluation showed that there is a need for a more systematic method of demarcation so that a field of knowledge can be mapped out in both substantive and player terms, and the logical links between disciplines, (generic) technology and application-oriented knowledge made clear. In the case of 'large' areas of knowledge the use of formal mapping and clustering methods may be considered as a more or less 'objective' starting point. In this, an accurate interpretation of the relations between disciplines and technological developments is crucial.

Feasibility of the methodology

The notion of 'critical mass' as a criterion for 'resource position' is an important one for the strengths-and-weaknesses analysis, but at the same time - as emerged from the case studies evaluation - it is in practice a very difficult concept because it is extremely discipline-dependent. Although there are quantitative data on the resource position of groups in an

area of knowledge, an objective assessment on this basis is not really feasible. No good, unambiguous methodology exists for mapping and evaluating the research capacity in a specific and interdisciplinary field of knowledge. The inspection of quantitative data on research capacity requires careful assessment and checking by experts and those directly involved.

The 'system characteristics' criterion embraces both aspects designed to highlight mutual connection and cooperation in a field of knowledge, and the dynamics of the area of research and the external relations of players. In the case studies we looked at existing networks, at direction from social and economic organisations, and at education. From this it emerged that it is a very useful criterion and also very flexible in application. It allows conditions specific to the field of knowledge connected with coherence, dynamics and development of external relations, to be included in the analysis. Relevant and interesting data were collected on this aspect, but an objective or intersubjective assessment is not possible in this case. However, the results of this component do provide a good basis for formulating relevant policy questions.

In the three case studies there was a thorough investigation of how the 'performance' criterion can be put into effect. Both scientific quality and social and economic usefulness were highlighted. The most reliable judgement on the research quality is that of the peers, a group of independent, but close colleagues. These are the only people with a thorough knowledge of the work and the world in which the work is carried out. Peer reviews of Dutch knowledge infrastructure take place as part of research evaluation by the Association of Cooperating Dutch Universities (VSNU), assessment by the Royal Netherlands Academy of Sciences (KNAW), and in the scientific audits of TNO and the Agricultural Research Directorate (DLO). Normally these provide sufficient basis for an assessment of scientific quality as this relates to the required analyses. The problem, however, is that the aggregation level of the peer reviews (sub-faculty, department) is higher than that of the areas of knowledge chosen in this project (research group, or part of a research group). This applies to a lesser extent to the allocation of grants by particular funds (programmes of the Netherlands Organisation for Scientific Research, NWO, and the Foundation for the Technical Sciences, STW). These may be considered as a hallmark of quality; after all, peer review plays a major evaluative role here too. Our conclusion is that peer reviews are an important source of qualitative judgements. Bibliometrical techniques, as demonstrated in the case of soil biology by the additional research carried out by Sci-Quest, represent an important supplementary source, both in confirming the results of peer reviews and in gaining new insights. Qualitative and quantitative techniques are easily distinguished and are effective when used in combination.

Analysis according to the criterion of 'Social and economic usefulness' encountered some practical problems. Social usefulness is a multi-dimensional concept because the criteria for usefulness differ from target group to target group. The data required on the extent to which researchers gear their research in various ways to future users, data on the extent to which those future users will make use of the results, etc., are often not available. Also, there is a lack of criteria against which the collected data would need to be tested separately for each area. Thus, analysis and especially assessment using the 'Usefulness' criterion cannot take place objectively or intersubjectively in the context of this strengths-and-weaknesses analysis. However, that does not detract from the fact that the above-mentioned aspects of usefulness must and can be mapped, since they provide important information which may prompt questions and action in the area of policy. Here too, bibliometrical research (in publication and citation records in particular) provides a good supplement to qualitative assessment.

Information analysis

In this research project several techniques were used to gather the information required for demarcation and strengths-and-weaknesses analysis. The expert assessments provide direct data on the capacity deployed and system features. There are, as already indicated, some snags attached to expert assessment of research quality, in view of the limited number of experts and the subjective judgements of their own work. The available research evaluations contain good information on the quality of research, but no information on determining the capacity deployed (data are usually gathered at a different level of aggregation than that required for this project) or the system features. Documentation (annual reports, etc.) provided mainly information on the capacity deployed (sources of finance, FTEs), the quantity of contract research and joint ventures. No information is available from the research databases we consulted on the deployment of resources or staff, or on system features. The EU's CORDIS database is the only one that actually lists all partners in collaborative projects. Since the STW selection procedure is more transparent than that of the EU, the Knowledge Network Access database is more revealing about the quality of the projects listed in it.

On the basis of this evaluation, a basic methodology can be proposed which is usable for the strengths-and-weaknesses analysis of agricultural fields of knowledge. This methodology includes aspects which must be involved in the evaluation, and techniques which must be used to gather and interpret information (see table).

Techniques for data collection (some supplementary methods and aspects of analysis are included in brackets)

TECHNIQUE ASPECT	INTERVIEWS	DESK RESEARCH	BIBLIOMETRY	OTHER
I: Demarcation	V	V		
II: S-W analysis				
a. Critical mass	V	V		
b. System features	V	V	(V)	(expert workshop boardroom session)
c. Scientific quality and social usefulness	V	V	(V)	(expert workshop boardroom session)
(International comparison	(V)	(V)	(V)	

It emerged from the case studies that bibliometrical techniques such as those used by Sci-Quest represent a valuable addition to our mainly qualitative and bibliographical approach. Our findings were largely confirmed by bibliometrical research. In addition, the latter research revealed a number of new aspects, such as certain research groups not included in the case study. Qualitative and quantitative techniques are easily distinguished and effective when used in combination. However, the value added must be carefully assessed; for example, it became clear from the additional research into patent records in the 'Biosensors and biosignal processing' case that this field of knowledge is too limited in scope for such research.