

# Intelligente Dataverwerking en Procesbesturing

## Sterkte/zwakte-analyse

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

*Drs. N. Chehab*

*Dr. R.A.P.M. Weterings*

*TNO Strategie, Technologie en Beleid (TNO-STB, Delft)*

*Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek*

Postbus 20401

2500 EK Den Haag

tel.: 070 3785653

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



Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.

NRLO-rapport nr. 98/38, Den Haag, december 1998.



# Ten Geleide

In het werkprogramma van de NRLO vormt de verkenning van de wetenschappelijke en technologische dynamiek één van de drie hoofdlijnen. Deze verkenning omvat drie fasen:

1. In de eerste fase is via achtergrondstudies en essays getracht een beeld te krijgen van de belangrijkste ontwikkelingen in wetenschap en technologie, en van de mogelijke gevolgen van die ontwikkelingen. Op basis daarvan zijn tien gebieden<sup>1</sup> geselecteerd waarin ontwikkelingen plaatsvinden met potentieel grote consequenties voor agrosector, groene ruimte en vissector.
2. In de tweede fase is voor ieder van de geselecteerde gebieden een sterkte/zwakte-analyse uitgevoerd en besproken met de betrokkenen.
3. In de derde fase zijn acties ter versterking van de onderhavige gebieden gegenereerd en met stakeholders besproken.

De bevindingen per fase en de voorstellen voor actie zijn voor het gebied intelligente dataverwerking en procesbesturing gepubliceerd in NRLO-rapport 99/9. NRLO-rapport 99/1 biedt een overzicht van de aanpak en voorgestelde acties voor de 10 W&T-gebieden, alsmede een reflectie op de methode en de resultaten.

Het onderhavige rapport is een intern werkdocument over sterkten en zwakten van de intelligente dataverwerking en procesbesturing, opgesteld door TNO-STB ten behoeve van fase 2. De aanpak van de sterkte/zwakte-analyse is gebaseerd op een methode die door TNO-STB in opdracht van de NRLO is ontwikkeld. Deze methode wordt beschreven in NRLO-rapport 97/23 "Methode voor kwaliteitsbeoordeling van de agro-kennisinfrastructuur". De kern van de methode is dat drie karakteristieken van een W&T-gebied worden geanalyseerd: de middelenpositie (actoren en capaciteit), de systeemkenmerken (netwerken) en de performance (wetenschappelijk en maatschappelijk).

Hoewel de kwantitatieve informatie met enige voorzichtigheid moet worden gehanteerd, was dit werkdocument van veel nut bij de discussie met de meest betrokken kennisinstellingen, bedrijven en overheden over de sterkten en zwakten en de te ondernemen acties op het gebied van de intelligente dataverwerking en procesbesturing. Derhalve is besloten dit werkdocument op aanvraag beschikbaar te stellen aan geïnteresseerden.

*Dr. Ir. A.P. Verkaik, Directeur Bureau NRLO.*

---

<sup>1</sup> Die gebieden zijn: sensor- en microsysteemtechnologie, nanotechnologie, intelligente dataverwerking en procesbesturing, moleculaire plantenbiologie, moleculaire en reproductiebiologie bij dieren, beleids-wetenschappen en ICT in de groene ruimte, productie-ecologie, veterinaire epidemiologie, verpakings- en bewaar-technologie en aquacultuur.



# Inhoud

Ten Geleide	i
1. Inleiding	1
2. Karakterisering van het W&T-gebied	3
2.1. Afbakening van het gebied	3
2.2. State of the art en trends in onderzoek	5
2.3. Nationale kennisinfrastructuur	11
3. Sterkte/zwakte-analyse	19
3.1. Middelenpositie	19
3.2. Systeemkenmerken	20
3.3. Performance	25
4. Samenvatting en Conclusies	29
Verslag Workshop Modelleren en Visualiseren d.d. 10 november 1998	31



# 1. Inleiding

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de sterkte/zwakte-analyse van het wetenschaps- en technologiegebied 'Intelligente dataverwerking en procesbesturing'. Deze analyse is onderdeel van fase 2 van het Verkenningenproject van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO).

In de eerste fase heeft de NRLO een aantal vooraanstaande experts gevraagd in een essay een beeld te schetsen van de toekomst van een aantal wetenschappelijke en technologische onderzoeksterreinen die volgens de Raad van belang zijn voor de ontwikkeling van de Nederlandse agrosector. Tegelijkertijd heeft TNO-STB, op verzoek van de NRLO, in een haalbaarheidsstudie een opzet ontwikkeld voor het analyseren van de sterkten en zwakten van W&T-gebieden met betrekking tot de Nederlandse agrosector. De resultaten zijn vastgelegd in het rapport "Methode voor kwaliteitsbeoordeling van de agro-kennisinfrastructuur - een haalbaarheidsanalyse op basis van 3 case studies". Belangrijk uitgangspunt hierbij was dat alleen de aanbodkant (het onderzoek) in de sterkte/zwakte-analyse zou moeten worden meegenomen en dat aan de vraagkant geen aandacht zou worden besteed. Deze zou al door de Raad in haar keuzeprocess van de te selecteren W&T-gebieden in fase twee worden meegenomen. Geen SWOT-analyse (Strength, Weakness, Opportunities and Threats) dus, maar alleen een SW-analyse.

Op basis van de essays heeft de NRLO vijftien W&T-gebieden geïdentificeerd die, na een eerste scan door TNO-STB, tot tien zijn gehergroepeerd. In de tweede fase van het Verkenningenproject zijn deze gebieden door TNO-STB, volgens de hierboven gememoreerde methodiek, geanalyseerd. De resultaten van de analyse zijn in een workshop voorgelegd aan 'het veld'. De workshop had allereerst tot doel de feitelijkheden uit de analyse te checken en ten tweede om een aantal punten voor actie c.q. beleidsaanbevelingen die TNO-STB op basis van de analyse als voorzet voor een discussie had gegeven, te bediscussiëren en nog tot aanvullende beleidsaanbevelingen te komen.

In de derde fase zal de NRLO, op basis van de essays, de SW-analyse en het workshopverslag, aanbevelingen formuleren.

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 een beschrijving gegeven van het W&T-gebied, inclusief de belangrijkste trends in het onderzoek. Ook komen de Nederlandse onderzoeksgroepen die op het terrein van dit onderzoeksveld actief zijn aan de orde. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de sterkte - zwakte analyse gepresenteerd en in het vierde en laatste hoofdstuk de samenvatting en conclusies.





# 2. Karakterisering van het W&T-gebied

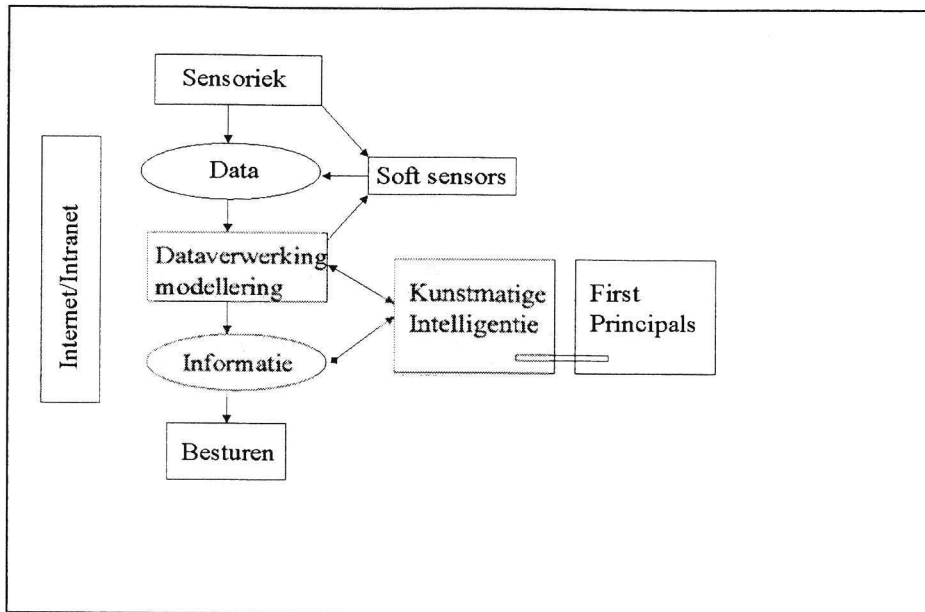
## 2.1. Afbakening van het gebied

Het wetenschaps- en technologiegebied “Intelligente dataverwerking en procesbesturing” is een onderdeel van het gebied “Modelleren en Visualiseren”. Bij “Modelleren en Visualiseren” gaat het om het meten van procesgegevens, die vervolgens bewerkt en verwerkt worden, hetgeen resulteert in een bepaalde terugkoppeling naar de procesbesturing. Voor het doen van metingen wordt veelal gebruik gemaakt van sensoren en meetsystemen, die de verzamelde data via elektrische signalen doorgeven via een bus. Aan sensoren en microsystemen is een aparte sterke/zwakte-analyse gewijd. De onderhavige analyse zal dan ook niet op dit onderdeel ingaan.

Het tweede onderdeel is de verwerking van de meetgegevens. Vooral bij complexe processen wordt tegenwoordig gebruik gemaakt van geavanceerde computer hardware en software ten behoeve van de ordening en bewerking van procesdata. Hierbij worden discriminerende procesparameters geïdentificeerd, en wordt de variatie en variabiliteit in kaart gebracht met behulp van statistische technieken. Met behulp van classificering en modellering worden patronen in de data herkenbaar en zichtbaar gemaakt. Op basis van een interpretatie van data en patronen wordt vervolgens de terugkoppeling naar het proces gebaseerd. Voor deze terugkoppeling naar het proces - de procesbesturing - is de proces-technologie en de regeltechniek van groot belang.

In dit rapport wordt de naam “Intelligente dataverwerking en procesbesturing” samengevat in het begrip “Intelligent besturen”.

Bij “Intelligent besturen” - zoals het in dit rapport gehanteerd wordt - gaat het om de dataverwerking en modellering waarbij door middel van kunstmatige intelligentie procesdata worden verwerkt tot informatie die geschikt is voor het besturen van processen. Het gaat dus om de in figuur 1 gearceerde onderdelen van het brede gebied Modelleren en Visualiseren.



*Figuur 1: Positionering van Intelligent Besturen in Modelleren en Visualiseren*

De focus van het W&T-gebied Intelligent besturen in de agrofood ligt op het intelligent (be)sturen van groei/fysiologische-, productie- en verwerkingsprocessen in agroketens. Het begrip '(be)sturen' heeft betrekking op de groeiende betekenis van data- en informatie-stromen in de landbouw en de voedingsmiddelenindustrie. De toevoeging 'intelligent' geeft aan dat de aandacht in deze sterkte/zwakte-analyse primair uitgaat naar (zelf)lerende systemen voor de verwerking van deze informatie. De uitdaging die hierin is besloten is dat de verwerking van de gegevens het karakter heeft van een leerproces.

Belangrijke documenten voor de beschrijving van dit W&T-gebied zijn de essays van ATO-DLO (1997) en van Meuleman en Van Weel (1997). Dit laatste essay bespreekt een groot aantal (potentiële) toepassingen van informatie- en communicatietechnologie (ICT) in de plantaardige productie. Het essay laat zien dat intelligente (be)sturing steeds meer toepassingen zal vinden in de beheersing van hogere orde processen, in de dynamische procescontrole (bij teelttechniek, kwaliteitsbeheer en bij fabrieksmatige processen) en ook in het conceptueel ontwerpen.

Bij Intelligent Besturen vallen twee ontwikkelingen op. Ten eerste de steeds grotere hoeveelheden data, waardoor de apparatuur (de computer) steeds sneller moet worden. Ten tweede de steeds hogere eisen aan de aard van de dataverwerking: deze moet steeds geavanceerder worden.

Bij het eerste punt valt te denken aan nieuwe ontwikkelingen in de elektronica, maar ook snellere reken- en schattingsmethoden. Het tweede punt kan opgevangen worden met verdere ontwikkeling van computersoftware en hardware richting intelligente systemen

(zoals neurale netwerken, fuzzy logic). Vaak wordt het geheel gevisualiseerd door gebruik te maken van virtual reality, imaging, 3D-simulaties, etc.

Hiermee samenhangend zijn de inzichten in procesverloop niet meer strikt noodzakelijk om een procesgedrag te voorspellen. Indien grote hoeveelheden *betrouwbare* data beschikbaar zijn van een proces kan de complexe systematiek hiervan gemodelleerd worden op basis van deze beschikbare data. Deze modellen kunnen vervolgens bruikbaar gemaakt worden om processen dynamisch bestuurbaar te maken.<sup>2</sup>

In dit rapport concentreren we ons op intelligent (be)sturen van hogere orde processen. Meet- en procestechnologie, elektronica en data- en kennissystemen zijn de technologiegebieden en wetenschappelijke disciplines die hierin een essentiële rol spelen. Meet- en procestechnologie is voor de agrofood sector de technologie die het meest relevant is. De elektronica en data- en kennissystemen zijn *enabling technologies* om een betere meet- en procestechnologie te bereiken. De nadruk in dit rapport zal dan ook vooral liggen op data- en kennissystemen (met name intelligente systemen) ter ondersteuning van de meet- en procestechnologie. De elektronica is noodzakelijk voornamelijk bij het meten en sturen binnen de processen.

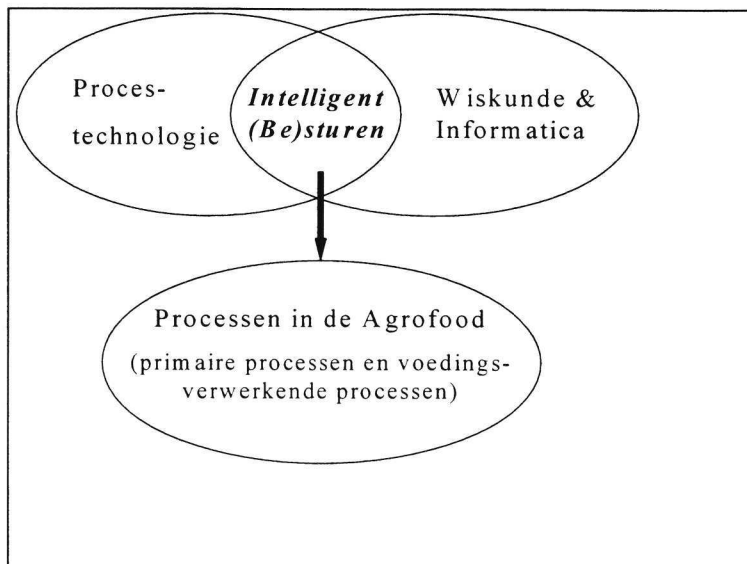
De essentie van Intelligent Besturen in dit rapport ligt bij de inzet van kunstmatige intelligentie bij het besturen van productie- en verwerkingsprocessen in agroketens. Hierbij gaat het voornamelijk om hogere orde processen van teelttechnieken, kwaliteitsbeheer en fabrieksmatige processen.

## **2.2. State of the art en trends in onderzoek**

Intelligent besturen is een gebied dat is gebaseerd op kennis uit de procestechnologie en uit de wiskunde en informatica. In deze paragraaf wordt aandacht gegeven aan het onderzoek dat van betekenis is voor intelligent besturen binnen de procestechnologie en binnen de wiskunde en informatica. Daarna worden de toepassingen van intelligent besturen binnen de agrofood besproken. In figuur 2 zijn de relaties tussen deze gebieden geïllustreerd.

---

<sup>2</sup> Ir. J. Meuleman (LUW), Ing. P. van Weel (PBG) "Ontwikkeling in wetenschap en technologie. Agrofysica, Informatie- en Communicatietechnologie in de plantaardige productie", p. 39, NRLO, 1997.



Figuur 2: Relaties en opbouw in het wetenschapsgebied Intelligent Besturen

### Procestechnologie

Procestechnologie is een belangrijke technologie met een integrerend karakter. Het is een kerntechnologie in economisch belangrijke sectoren zoals chemie, aardolie en voeding. Binnen de procestechnologie zijn vooral trends op het gebied van procesinnovatie en procesintegratie van belang. De ontwikkelingen op het gebied van procesintegratie hebben betrekking op een steeds verdergaande integratie van energieaspecten, milieu- en veiligheidsaspecten en economische aspecten van productieprocessen. Trends in de procesinnovatie gaan in de richting van steeds meer specifieke en complexe processen. Aan de procesbesturing worden steeds hogere eisen gesteld, waarmee tevens de betekenis van (intelligente) modellering steeds groter wordt.<sup>3</sup>

In de agrofoodsector zijn een aantal processen te onderscheiden. In de primaire sector (tuinbouw, akkerbouw, melkveehouderij, intensieve veehouderij) gaat het om de volgende ontwikkelingen.

Voor de *glastuinbouw*:

- klimaatbeheersing: Dit is een gebied waarin de meet- en regeltechniek al ver is voortgeschreden en waarin intelligent besturen van complexe processen een belangrijke rol kan spelen. Een voorbeeld hiervan is de optimale regeling van lichttoevoer voor de optimale conversie van lichtenergie. Bijvoorbeeld de stimulering van het fotosynthese proces zal enige invloed hebben op de fysiologische processen van de plant. De

<sup>3</sup> H. Schaffers et al, TNO-STB, De Technologische Kennisinfrastructuur van Nederland, Ministerie van OCenW, p. deel II 2-1 tot 2-3, 1996.

optimale benutting van lichtenergie voor de verwarming en koeling is een ander voorbeeld<sup>4</sup>.

- meet- en regelprocessen voor toediening van water en voedingsstoffen en CO<sub>2</sub>: Het gaat hierbij om de sturing van de gewasgroei en de productkwaliteit in gesloten systemen. Door dit gesloten systeem bestaat de mogelijkheden om bijvoorbeeld de recirculatie van verdampt water en kooldioxide te bewerkstelligen zodat alleen de hoeveelheid water en CO<sub>2</sub> die de kas met de plant verlaten hoeven te worden aangevuld. Ook kan de opname van mineralen in een gesloten systeem beter worden gecontroleerd waardoor de mineralen nauwkeuriger kunnen worden gedoseerd.<sup>5</sup>
- integratie van marktgegevens en data vanuit de productieprocessen: De planning van het productieproces wordt steeds geavanceerder, zodat het zich steeds meer kan richten op de (individuele) wensen van de klant. Hierdoor wordt van het management verwacht steeds beter en geavanceerder te werken.

Voor de akkerbouw en de tuinbouw in de volle grond:

- optimalisering van water- en voedingsstoffentoediening en de gewasbescherming in open systemen: Dit is gericht op een optimale gewasgroei in combinatie met minimale milieubelasting. In de akkerbouw en tuinbouw in de volle grond zijn tot voor kort weinig mogelijkheden geweest om de gewasgroei en gewasbescherming echt te beïnvloeden. Het grootste probleem was de sterke weersafhankelijkheid. In de laatste jaren, en vooral met de komst van precision farming, is het steeds meer mogelijk geworden om per plant data in het veld te verzamelen over groei, bloei, de behoefte aan voedingsstoffen en aantasting door ziekten en plagen. Door deze verschillende data te combineren moet het in de toekomst mogelijk worden om iedere afzonderlijke plant van elk gewas individueel van de behoeften te voorzien. Samenvattend hebben wij het hier over de ontwikkeling van een geïntegreerd productiesysteem waarin de verzameling en bewerking van fysiologische en ecologische gegevens een centrale rol spelen in de procesbesturing.

Voor de melkveehouderij en de intensieve veehouderij:

- melk- of vleesproductie: Hier gaat het met name om het conversieproces waarbij dieren de voeding omzetten. Deze conversie is essentieel voor de kwaliteit van melk c.q. vlees.
- bedrijfsvoering: De bedrijfsvoering wordt steeds complexer, te denken valt aan de automatisering van het melken, de krachtvoertoediening of de ziektedetectie bij dieren. Deze processen vragen om een steeds geavanceerdere besturing.

---

<sup>4</sup> DTO-programma, DTO-sleutel Voeden –Spectrum van een duurzame Voedselvoorziening, p.40, Den Haag, 1997.

<sup>5</sup> DTO-programma, DTO-sleutel Voeden –Spectrum van een duurzame Voedselvoorziening, p.40-41, Den Haag, 1997.

Samenvattend kan gezegd worden dat de complexiteit van de bedrijfsvoering in de primaire sector steeds verder toeneemt. Het vermogen om grote hoeveelheden data over uiteenlopende aspecten van het productieproces te hanteren en te bewerken wordt meer en meer bepalend voor prijs en kwaliteit van de producten. De potentie van de toepassing van informatietechnologie in de primaire sector ligt dan ook vooral in de ontwikkeling van nieuwe besturingssystemen.

In de voedings- en genotmiddelenindustrie, verwerken bedrijven de landbouw- en veeteeltproducten tot levensmiddelen en maken daarbij gebruik van (bio)proces-technologische bewerkingen. Onderwerpen van onderzoek binnen de levensmiddelen-technologie zijn thema's als<sup>6</sup> <sup>7</sup>:

- verwerken en fysische structuur van levensmiddelen: Vormen en behouden van fysische structuur van de producten en de te verwerken grondstoffen spelen hierin een rol. Droge deeltjestechnologie is hier ook onderdeel van. Het gaat hier bijvoorbeeld om de productie van 'droge' deeltjes die na rehydratatie de oorspronkelijke eigenschappen weer verkrijgen.
- scheiden en conversies: twee subthema's hiervan zijn scheidingstechnologie en reactietechnologie. In de scheidingstechnologie gaat het dan om het opschalen van analytische principes naar betaalbare grootschalige processen voor het uit elkaar rafelen van ingewikkelde mengsels. Een trend in de reactietechnologie is de ontwikkeling van (bio)chemische en thermische processen om gericht moleculen (eiwitten, vetten, etc.) van verschillende origine met elkaar te laten reageren, zowel in als buiten een product.
- optimale procesvoering: hierbij zijn onderwerpen van onderzoek de besturing van processen met grondstoffen van wisselende samenstelling (om de relatie tussen optimale procesvoering en wensen/eisen aan eindproducten en grondstoffen te optimaliseren), de ontwikkeling van tools en realistische procesmodellen, etc.
- beheersing van de functionaliteit: De functionaliteit van de voedingsproducten wordt bepaald door de voedingswaarde, geur en smaak, structuur en kleur. De verbetering van de processen (die deze eigenschappen van het product beïnvloeden) in de voedselbewerking kunnen voedingsmiddelen functioneler maken. Bacteriën en enzymen spelen een cruciale rol bij voedingsmiddelen die het resultaat zijn van fermentatie.

Ook in deze verwerkende stap neemt de complexiteit van processen toe en worden steeds hogere eisen gesteld aan de procesbesturing. Bovendien is de laatste jaren de aandacht voor samenhang binnen de gehele productieketen, van primaire productie tot consumenten-

---

<sup>6</sup> OSPT, Onderzoekschool Procestechnologie (OSPT), Jaarverslag 1996, p.21/22.

<sup>7</sup> Persbericht, Officiële Opening Wageningen Centre For Food Sciences, april 1998.

tenproduct, sterk gegroeid. Daarmee is zichtbaar geworden dat veranderingen in het begin van de keten, bijvoorbeeld door middel van plantenveredeling, ingrijpende consequenties kunnen hebben voor alle verdere verwerkingsstappen tot en met de verkoop van het eindproduct. De behoefte aan kennis over de gehele productketen is daarmee toegenomen, waarbij het begrijpen van structuur-functie-relaties en de modificatieselectie een belangrijke rol spelen.

Deze productieprocessen optimaal te besturen zijn veelal modellen nodig die deze processen nabootsen en input geven voor specifieke aanpassingen van de procesbesturing. De kennis en technologie die deze modellering mogelijk maken (enabling technology) worden ontwikkeld binnen het wetenschapsgebied van de wiskunde en informatica. De VSNU Onderzoeksbeoordeling Wiskunde en Informatica onderscheidt binnen dit gebied een aantal subgebieden. Wij gebruiken deze indeling in subgebieden om de gebieden die van belang zijn voor intelligent (be)sturen van processen te beschrijven.

### **Wiskunde en Informatica**

De subgebieden zijn *Systeemtheorie en Regeltechniek* (Wiskunde) en de *Theoretische en Toegepaste Informatica*. Systeemtheorie en Regeltechniek richten zich met name op de toepassing en houdt zich vooral bezig met het genereren van theoretische vragen en oplossingen met een breed wiskundig karakter. Binnen de Theoretische en Toegepaste Informatica kunnen elementen uit de kunstmatige intelligentie een belangrijke bijdrage leveren aan procesbesturing. Onder kunstmatige intelligentie - ook wel redeneersystemen genoemd - vallen technieken zoals neurale netwerken, fuzzy logic, kennisgebaseerde systemen, intelligente systemen, spraak- en beeldherkenning, robuuste systemen, etc.<sup>8</sup>

De kennisontwikkeling binnen deze subgebieden van de wiskunde en informatica dragen bij aan de ontwikkeling van methoden en technieken voor intelligente (be)sturing van processen. Redeneersystemen zijn bijvoorbeeld bijzonder geschikt om hogere orde processen te modelleren. Binnen de redeneersystemen gaat het vooral om systemen die de besturing van bedrijfsmatige processen en van apparaten modelleren, maar ook om de informatieverwerking zelf. Voornaamste doel van onderzoek is dan ook de verdere ontwikkeling van wiskundige modellen en redeneersystemen.<sup>9</sup> Hieraan wordt dan ook volop gewerkt. Parallele gedistribueerde computers en supercomputers zijn in opkomst en binnenkort is de eerste neurale (bio)computer te verwachten.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> VSNU, Quality Assessment of Research – Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities, p. 29-36, 1997.

<sup>9</sup> OCV, Geen toekomst zonder informatica, Toekomstverkenning Informatica 1996-2005, p. 7-9, 1996.

<sup>10</sup> H. Schaffers et al, TNO-STB, De Technologische Kennisinfrastructuur van Nederland, Ministerie van OCenW, p. deel II 5-1 tot 5-3, 1996.

## **Toepassing in de agrofoodsector**

Ontwikkelingen op het gebied van intelligent (be)sturen zijn van grote betekenis voor de agrofoodsector. Modellen in de agrofood business zijn tot dusver veelal gebaseerd op lineaire systemen. Modellen voor processen met een veelvoud van variabelen bestonden niet. Door de opkomst van intelligente besturingssystemen kunnen juist binnen de agrofoodsector een aantal toepassingen ontwikkeld worden die deze complexe processen kunnen ondersteunen en optimaliseren. Te denken valt aan grotere variëteit van producten en betere producteigenschappen zoals betere smaak-, structuur-, kleur- en geureigenschappen, etc. Een ook om verbetering van productieprocessen met het oog op energie en milieu. Het gaat hierbij dus zowel om een kwantitatieve als een kwalitatieve verbetering. De agrosector als geheel vraagt expert- en managementsystemen voor het gedetailleerd beheersen en sturen van het groeiproces van planten en de veeteelt. Voor milieu en duurzaamheid kan intelligente besturing een rol spelen bij het tegengaan van vermisting, verzuring en verspreiding van emissies.<sup>11</sup>

Binnen de primaire sector lijkt de tuinbouw met name geschikt voor de toepassing van intelligente systemen. Plantengroei is een proces dat door velen variabelen bepaald wordt. Neurale Netwerken zijn in staat processen met een groot aantal variabelen te modelleren waardoor het bijvoorbeeld mogelijk wordt de plantengroei te optimaliseren. Met de huidige stand van de kennis zou het mogelijk moeten zijn uit grote hoeveelheden data bijvoorbeeld groeimodellen van planten te maken waardoor voorspellingen over de groei mogelijk zijn.<sup>12</sup> Uitsluitend inzichten in de fysiologische processen zijn niet meer noodzakelijk voor de modellering van processen. Te verwachten is dat in de toekomst de consument met behulp van een ontwikkelingsmodel en 3-D visualisatietechnieken in staat is zijn eigen virtuele plant samen te stellen. Deze plant is vervolgens maakbaar.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> Ministerie van Economische Zaken, Technologie Radar deel 2, p. 11/12, 1998.

<sup>12</sup> Gesprek met Ir. J. Meuleman, IMAG-DLO, Juli 1998.

<sup>13</sup> Ir. J. Meuleman (LUW), Ing. P. van Weel (PBG), Ontwikkeling wetenschap en technologie, Agrofysica, Informatie- en Communicatietechnologie in de plantaardige productie, p. 21, NRLO, 1997.

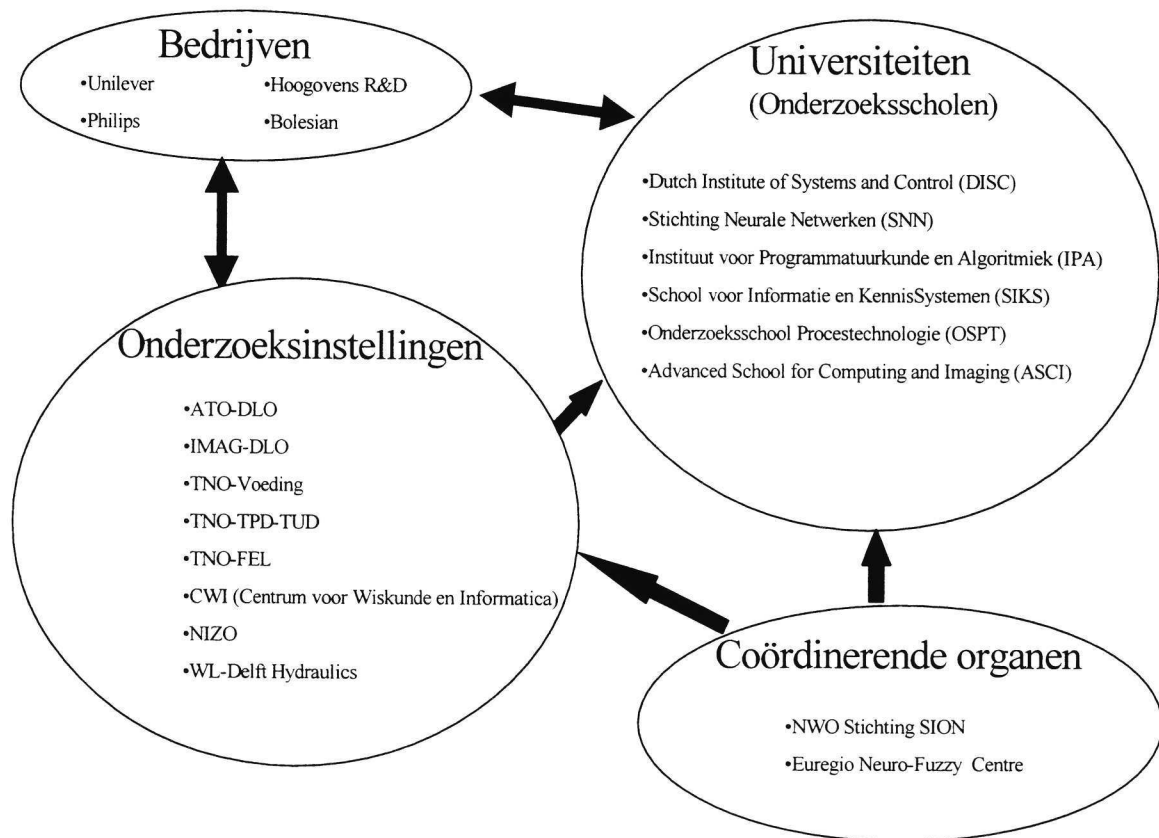


Tabel 1: Beschrijving en afbakening

Beschrijving W&T-gebied	Belangrijkste onderzoeksinstellingen
<p>disciplines: wiskunde, informatica, procestechnologie</p> <p>verwerking van grote hoeveelheden data waarbij het mogelijk wordt meer inzichten te krijgen in meerdimensionale c.q. hogere orde processen, hierbij ligt de nadruk bij zelflerende systemen zoals neurale netwerken, fuzzy logic of expertsystemen</p> <p>fundamenteel onderzoek richt zich op de ontwikkeling en modellering van kunstmatige intelligentie systemen</p>	<p>IMAG-DLO ATO-DLO Stichting Neurale Netwerken (SNN) Onderzoekschool Procestechnologie Onderzoekschool voor Informatie en Kennissystemen Onderzoekschool ASCI CWI de verschillende wiskunde en informaticafaculteiten TNO (FEL, TPD en Voeding)</p>
<b>State of the art en trends in het onderzoek</b>	
<p><i>Procestechnologie:</i> Optimaliseren en on-line bewaken van continue processen ontwikkelen van energiezuinige, veilige en milieuvriendelijke processen betere benutting van grondstoffen procesintegratie: integreren van energieaspecten, milieuaspecten en economische aspecten van productieprocessen</p> <p><i>Wiskunde en Informatica:</i> high performance computing (parallel gedistribueerde systemen en supercomputers) neurale (bio)computers ontwikkeling van redeneersystemen ter ondersteuning van de taakuitvoering van mensen → beslissingsondersteunende systemen (knowledge based systems, case base reasoning, machine learning, fuzzy logic, neurale netwerken) ontwikkeling van wiskundige modellen en de toepassing daarvan m.b.v. software en computers knowledge mining (mens machine interface past zich aan bij elk individu) vage logica unsupervised getrainde neurale netwerken robuuste systemen</p> <p><i>Intelligent (be)sturen in de agrofood:</i> kunstmatige intelligentie in de plantengroei (uitwendige kwaliteit van een plant) kunstmatige intelligentie voor de verwerking van optische beelden (komkommeroogstmachine) virtuele plant</p>	

### 2.3. Nationale kennisinfrastructuur

In Nederland vindt het fundamentele onderzoek naar intelligent (be)sturen vooral plaats binnen de Wiskunde en Informatica faculteiten. Deze wetenschapsgebieden verschaffen ook de nodige kennis over methoden om intelligente besturing mogelijk te maken. Onderzoekscholen als DISC en ASCI spelen hierin een belangrijke rol. Onderzoek naar redeneersystemen vindt in geringe mate plaats bij bedrijven. Unilever, Philips en Hoogovens zijn enkele bedrijven die toegepast onderzoek hierna verrichten naast DLO en TNO instituten. In het in deze paragraaf gepresenteerde overzicht van de kennisinfrastructuur op dit terrein is de indeling naar universitair, instituuts- en bedrijfsonderzoek gehanteerd.



Figuur 3: De nationale kennisinfrastructuur rond het W&T-gebied Modelleren

### Universitair Onderzoek/onderzoeksscholen

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de Nederlandse vakgroepen die actief zijn op het gebied Intelligent (be)Sturen van processen of die uit de wiskunde en informatica de voorwaarden daartoe scheppen. Deze groepen zijn onderdeel van een vijftal onderzoeksscholen, namelijk DISC, IPA, SIKS, OSPT en ASCI. Deze onderzoeksscholen worden nader beschreven in paragraaf 3.2.

Tabel 2: Overzicht universitair onderzoek

Universiteit	Faculteit/Vakgroep	Thema's
LUW	Agro-, Milieu- en Systeemtechnologie/ Agrotechniek en Agrofysica	modellering en kunstmatige intelligentie
RUG	Wiskunde en Natuurwetenschappen/ Systeemtheorie en Regeltechniek	regeltechniek synthese en analyse, behavioral approach
	Wiskunde en Natuurwetenschappen/ Informatica	systematisch ontwerp van berekenbare intelligente eenheden en de integratie daarvan in grote verspreide systemen, natural computing, neurale netwerken
TUD	Elektrotechniek/Regeltechniek	computational intelligence, regeltechniek
	Elektrotechniek/Computerarchitectuur en Digitale Technieken	parallele/gedistribueerde computersystemen, neurale netwerken
	Elektrotechniek/Informatietheorie	informatietheorie, cryptografie, kunstmatige intelligentie
	Scheikundige Technologie en Materiaalkunde/Chemische proces- technologie	process control, process dynamics, data reconciliation, identification
	Technische Wiskunde en Informatica/ Toegepaste Analyse	modellering en simulering van complexe/ grootschalige systemen
	Technische Wiskunde en Informatica/ Informatie Systemen	ontwerpen van informatiesystemen
	Technische Wiskunde en Informatica/ Technische Informatica	knowledge based systems, parallel en gedistribueerde systemen
	Werktuigbouwkunde en Maritieme Techniek/ Meet- en Regeltechniek	robuuste regeltechniek, modellering, systeem identificatie
	Technische Natuurkunde/ Fysische Informatica	patroon/beeldherkenning, neurale netwerken
TUE	Civiele Techniek/ Infrastructuur	model integratie en simulatie (integratie van wiskundig en/of neurale modellen met geografische informatie systemen)
	Elektrotechniek/Meet- en Besturingssystemen	modelgebaseerde industriële automatisering, robuuste regeltechniek
	Werktuigbouwkunde/Fundamentele Werktuigkunde	niet-lineaire en robuuste regeltechniek, 'grey- box' model gebaseerde regeltechniek
	Technische Bestuurskunde/Systeem- en Regeltechniek	hybride modellen/systemen, non-lineaire systemen, knowledge based control, besturing van agrarische processen
	Wiskunde en Informatica/Besliskunde en Stochastiek	robuuste procesbesturing, niet-lineaire systemen, systeemidentificatie
	Wiskunde en Informatica/ Informatica	informatiesystemen, industriële toepassing van parallel rekenen, complexe datastructuren, parallele Monte Carlo simulaties, 'high performance computing'

Universiteit	Faculteit/Vakgroep	Thema's
UT	Elektrotechniek/ Besturingssystemen en Computertechniek	geïntegreerde modellering, ontwerp en simulering van fysische systemen, systeem identificatie en robuuste adaptieve besturing, intelligente besturing, software instrumenten voor modellering, simulatie en besturing
	Toegepaste Wiskunde/ Systeem- en Besturingstheorie	robuuste, adaptieve en niet-lineaire besturing, stochastiek
	Chemische Technologie/ Fysische Scheidingen	modellering en besturing van continue processen, hybrid fuzzy physical process models, integratie procesontwerp en procesbesturing
	Informatica/Informatiesystemen	intelligente informatiesystemen
	Informatica/ Software Engineering en Theoretische Informatica	neurale netwerken
UM	Algemene Wetenschappen/ Wiskunde	mathematische besliskunde, fysiologische en black-box gebaseerde modellen voor lineaire en non-lineaire systemen
UvA	Wiskunde, Informatica, Natuurkunde en Sterrenkunde /Informatica	sensor data processing, neuro-berekende technieken voor visuele data processing en systeem modellering, zelf-lerende systemen, kunstmatige intelligentie, industriële complexe computersystemen, real time gegevensverwerking en besturing
KUN	Natuurwetenschappen/Biofysica	neurale netwerken: stochastisch lerende processen, leren van structuren en grote databases door gebruik te maken van waarschijnlijkheids-modellen (Bayes en Boltzman), actieve beslissingsprocessen
	Wiskunde en Informatica/ Informatica	parallel programmeren, grootschalig rekenen, programmatuur en methoden van procesbesturing
UU	Imaging Science Institute (Faculteiten Geneeskunde en Wiskunde & Informatica)	visualiserende systemen, beeldregistratie, beeldverwerking en analyse, fysiologische modellering, klinische visualisering
VU	Wiskunde en Informatica/Informatica	kunstmatige intelligentie, informatiesystemen, software engineering
RUL	Wiskunde en Natuurwetenschappen/ Informatica	natural computing (dna computing), evolutionary computing, neurale netwerken, high performance computing

De in tabel 2 genoemde instituten zijn bezig met een aantal thema's, die ook van belang zijn voor ons onderwerp Intelligent (be)Sturen. Deze thema's zijn: robuuste systemen, high performance computing/natural computing en kunstmatige intelligentie in het algemeen met in het bijzondere de nadruk op neurale netwerken, fuzzy logic, kennisgebaseerde systemen.

Bij high performance computing en natural computing zijn het de hardware en vooral de computer architectuur die het mogelijk maken grote hoeveelheden data, zoals die in hogere orde processen of complexe systemen voorkomen, op een snelle en efficiënte manier te kunnen aanbieden en verwerken. Bij high performance computing gaat het om

parallele architecturen waardoor berekeningen gelijktijdig uitgevoerd kunnen worden. Natural computing of ook DNA-computing genoemd, slaat informatie op en verwerkt deze volgens het principe van DNA. Deze soort van computing scheppen de voorwaarden voor systemen van kunstmatige intelligentie om goed en snel te kunnen werken. Bij de kunstmatige intelligentie (neurale netwerken, fuzzy logic, kennisgebaseerde systemen) gaat het vooral om de verdere ontwikkeling van de systemen en alleen in beperkte mate om de toepassing ervan. Bij robuuste systemen gaat het om robuuste regelmethode waarbij uit a priori kennis en experimenteel verkregen data de benodigde informatie geselecteerd wordt om onzekerheden uit het proces te halen.

### Instituten voor toegepast onderzoek

Intelligent (be)sturen staat ook in de belangstelling van enkele onderzoeksinstituten. Er is in tabel 3 een aantal genoemd, waarbij WL-Delft Hydraulics en het Centrum voor Wiskunde en Informatica geen onderzoek doen ten behoeve van de agrofood sector en Intelligente (be)sturing van processen (vooral de chemische sector) TNO-TPD verricht af en toe onderzoek op het gebied van de agrofood. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om machine-ontwikkeling voor het automatisch stekken en oogsten of de modellering van fermentatie-processen.

Tabel 3: Overzicht van onderzoeksinstituten

Onderzoeksinstituten	Thema's
IMAG-DLO	procesbesturing, robuuste besturing, fuzzy logic, neurale netwerken
ATO-DLO	optimaliseren en besturen van ketens tussen productie en consumptie of gebruik van agroproducten, technologische kennis en kunstmatige intelligentie, computerbeeldanalysesystemen
WL-Delft Hydraulics	neurale netwerken toepassingen, data assimilatie methoden
NIZO	procesbesturing, dynamische optimalisatie van product kwaliteit en – eigenschappen
CWI (Centrum voor Wiskunde en Informatica)	evolutionaire algoritmen, neurale netwerken, discrete algoritmen, quantum computing, geavanceerd systeem onderzoek
TNO-TPD	analyseren, modelleren en regelen van continue en batchgewijze productieprocessen, ontwerpen van systemen voor productiebesturing en onderhoudsbeheersing waarbij vormen van kunstmatige intelligentie gebruikt worden
TNO-Voeding	kunstmatige intelligentie voor voedingsmiddelen verwerkende industrie

IMAG-DLO, ATO-DLO, TNO Voeding en NIZO houden zich wel duidelijk bezig met onderzoek ten bate van de agrofoodsector. De twee DLO instituten richten zich voornamelijk op de optimalisatie van processen in de primaire sector en voedingsverwerkende industrie. Intelligente (be)sturen is een van de methoden om de processen te optimaliseren. TNO-Voeding is sinds begin jaren '90 bezig met de ontwikkeling van

kunstmatige intelligentie voor de voedingsmiddelen industrie. Dit bevindt zich nog volop in de ontwikkelingsfase. Een van de toepassingen is het gebruik van neurale netwerken voor de modellering van vetkristallisatie.

NIZO concentreert zich vooral op voorspellende tools voor de zuivelsector. Veelal werkt het NIZO met overdrachtsmodellen waarbij alleen maar in beperkte mate gebruik wordt gemaakt van kunstmatige intelligentie.

### **Industrieel Onderzoek**

Weinig bedrijven doen onderzoek op het gebied van intelligente systemen waarmee expertkennis wordt opgeslagen en toegankelijk wordt gemaakt.<sup>14</sup> Een aantal bedrijven houden zich wel bezig met toepassingen van kunstmatige intelligentie of met ontwikkelingen in de procestechnologie zelf. In de chemische industrie en de petrochemische industrie (niet in tabel 4 opgenomen) wordt wel degelijk onderzoek verricht naar besturingsprocessen (en wellicht ook intelligente besturingssystemen).

*Tabel 4: Overzicht industrieel onderzoek in Nederland*

<b>Onderzoeksinstelling</b>	<b>Thema's</b>
Hoogovens R&D	data- en kennissystemen & informatietechnologie, procestechnologie
Bolesian (Cap Gemini)	redeneersystemen
Verzekeringsmaatschappijen (Ohra, Centraal Beheer)	redeneersystemen bij beslissingen over het verzekeren
Philips Research	robuuste besturing
Unilever	redeneersystemen voor complexe systemen

De voedingsverwerkende industrie – bijvoorbeeld Unilever – heeft ook activiteiten in de verbetering en verdere ontwikkeling van besturingssystemen. De bedrijven uit de primaire sector (vaak MKB) daarentegen zetten nauwelijks onderzoek uit naar intelligente besturingssystemen.

### **Internationale Centers of Excellence**

In internationaal opzicht heeft industrieel onderzoek op het gebied van redeneersystemen de laatste jaren steeds meer aan belangstelling verloren aangezien de resultaten tegen vielen. Industrieel onderzoek richt zich dan ook meer op database systemen.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Ministerie van Economische Zaken, Technologie Radar deel 3, p. 134/135, 1998.

<sup>15</sup> Ministerie van Economische Zaken, Technologie Radar deel 3, p. 138, 1998.

In het fundamentele en toegepaste onderzoek hebben wij één Center of Excellence in de VS gevonden<sup>16, 17</sup> : de Computer Integrated Food Manufacturing Center (CIFMC), Department of Food Science, Purdue University

De missie van CIFMC is vooraanstaand te zijn in onderzoek en onderwijs voor de voedingsindustrie in de computer gestuurde productie. Dit wordt bereikt door verbetering van de veiligheid, kwaliteit en productiviteit in de voedselbewerking. Onderzoek houdt zich bezig met de ontwikkeling en optimalisatie van voedingsprocessen, thermische proces modellering, modellering van productie eenheden in een fabriek, etc.

---

<sup>16</sup> Gesprek met Ir. A.E. Simons, ATO-DLO, September 1998.

<sup>17</sup> Het was zeer lastig de spelers in het veld 'Intelligent Besturen' te identificeren. Contactpersonen in Nederland konden ons geen Centers of Excellence in het buitenland (behalve deze) noemen die actief zijn in Intelligent Besturen binnen de agrofood sector.





# 3. Sterkte/zwakte-analyse

## 3.1. Middelenpositie

### Intelligent (be)sturen van processen in Nederland

Aan de Nederlandse universiteiten wordt voor ongeveer 160 fte's onderzoek verricht aan intelligent (be)sturen en de ontwikkeling van methoden die hieraan bijdragen. Dit onderzoek is erg versnipperd over de universiteiten en vakgroepen. Veelal zijn maar enkele onderzoekers per vakgroep actief op dit gebied. De organisatie van enkele onderzoekscholen (DISC, ASCI, SIKS, IPA) heeft ertoe bijgedragen dat expertise en kennis gedeeld wordt en er meer samengewerkt wordt.<sup>18</sup> Het universitaire onderzoek wordt vooral uit eerste en tweede geldstroom gefinancierd. Derde geldstroom onderzoek vindt in beperkte mate plaats binnen de onderzoekscholen.

Binnen TNO-TPD zijn ongeveer 15 mensen bezig met onderzoek op het gebied van intelligent besturen van processen.

### Intelligent (be)sturen van processen in of ten behoeve van de agrofoodsector

Onderzoek naar het modelleren van complexe systemen ten behoeve van de agrofoodsector vindt maar in zeer geringe mate plaats. IMAG-DLO (afdeling Bestuurstechnologie) en de LUW (vakgroep Agrotechniek en -fysica) besteden samen drie fte's aan het onderwerp.<sup>19</sup> Het gaat om onderzoek betaald uit 'eigen' middelen en voor een deel (niet meer dan 50%)<sup>20</sup> uit contractonderzoek. Bij ATO-DLO werken ongeveer 20 onderzoekers aan de ontwikkeling van intelligente (be)sturingssystemen. Deze 20 onderzoekers horen tot een grote groep van circa 200 personen die in direct gerelateerde werkgebieden actief zijn.<sup>21</sup>

Bij TNO-Voeding worden circa 2 fte's ingezet voor onderzoek van de toepassing van kunstmatige intelligentie voor de besturing van productiesystemen in de voedingsmiddelen industrie<sup>22</sup>.

Bij NIZO werkt ongeveer 1 onderzoeker van de circa 10 onderzoekers, die zich bezig houden met modellering, aan het inzetten van kunstmatige intelligentie in modellen.

---

<sup>18</sup> VSNU, Quality Assessment of Research – Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities, p. 32/33 en 37/38, 1997.

<sup>19</sup> Gesprek met Ir. J. Meuleman, IMAG-DLO, juli 1998.

<sup>20</sup> Inschatting TNO-STB.

<sup>21</sup> Gesprek met Ir. A.E. Simons, ATO-DLO, september 1998.

<sup>22</sup> Telefonisch interview met R. Jansens, TNO Voeding, oktober 1998.

## 3.2. Systeemkenmerken

### Netwerken

De hieronder beschreven netwerken richten zich op de procestechnologie in het algemeen (OSPT) of op toepassingen op het gebied van de wiskunde en informatica waarbij het gaat om de ontwikkelingen van kunstmatige intelligentie, kennissystemen en rekenmodellen (SION, IPA, SIKS, ASCI, SNN, Euregio Neuro-Fuzzy Centrum). Alleen de netwerken DISC en SMBT behandelen thema's die betrekking hebben op de intelligente (be)sturing van processen.

In tabel 5 zijn van deze netwerken de deelnemers en het doel opgenomen.

Tabel 5: Netwerken en sensortechnologie

Naam	Leden van het netwerk	Doel van het netwerk
OSPT	UvA, TUD, TUE, RUG, UT, LUW	Bevorderen van top-wetenschap en -onderzoek in de procestechnologie Verbetering samenwerking Verbetering onderwijs en postdoctorale opleidingen Overleg met bedrijfsleven, overheid en GTI's over wensen en mogelijkheden
SION	UT, TUD, VU, UU, UM, TUE, UvA, RUL, EUR, KUN, CWI	Bevorderen van het informatica onderzoek en het toepassen ervan
IPA	TUE, VU, RUL, KUN, UT, UU	Wetenschappelijk onderzoek op het gebied van programmatuurkunde en algoritmie, Verbeteren postdoctorale opleidingen Kennisoverdracht naar overheid en bedrijfsleven
SIKS	VU, UvA, TUD, TUE, RUL, UM, UT, UU	Wetenschappelijk onderzoek op het gebied van informatie- en kennissystemen Postdoctorale opleidingen
ASCI	TUD, RUL, KUN, UT, UU	
SNN	KUN, UvA, UU, TUD, RUG	Onderzoek naar nieuwe gebieden van neurale netwerk toepassingen Onderhouden van kennis en kennistransfer naar bedrijfsleven
Euregio Neuro-Fuzzy Centrum	UT, Hogeschool Enschede, CME, Fachhochschule Münster (Dld)	Toegankelijk maken van de kennis op het gebied van neurale netwerken en fuzzy logic
DISC	TUD, TUE, UT (en samenwerking met CWI, RUG, LUW, UM, EUR, UvA, VU en KUB)	Toegepast wetenschappelijk onderzoek op het gebied van systeemtheorie en regeltechniek Postdoctorale opleidingen Onderhoud van kennis en overdracht naar het bedrijfsleven
SMBT	Zelfde leden als DISC, aanvullen hierop DIMES, NLR, WL-Delft-Hydraulics, NIZO, Philips Research, Hoogovens R&D	Stimuleren wetenschappelijk onderzoek in de meet- en besturingstechnologie

VIAS	Informatici in de Agrarische Sector. Voor zover bekend geen institutionele leden	Kennisuitwisseling
EFFoST	Kennisinstellingen en bedrijven uit 20 landen	Ontwikkeling en kennistransfer op het gebied van 'Food Science and Technology' tussen industrie en onderzoeksinstituten. Harmonisering van regelgeving binnen Europa

### *OSPT (Onderzoekschool Procestechologie)*

Eind 1992 is de interuniversitaire onderzoeksschool opgericht door de hoogleraren procestechologie van de universiteiten van Amsterdam, Delft, Eindhoven, Groningen, Twente en Wageningen. Doel van OSPT is de uitbouw tot een nationaal topinstituut op het gebied van de procestechologie met als specifieke doelstelling:

- bevorderen en organiseren van top-wetenschap en -onderzoek in de procestechologie;
- bevorderen samenwerking tussen procestechnologen;
- verbeteren eerste fase onderwijs en postdoctorale opleidingen;
- overleg met het bedrijfsleven, overheid en GTI's over wensen en mogelijkheden.

OSPT heeft naast een fundamenteel onderzoeksprogramma ook een industrieel onderzoeksprogramma opgezet. Bedrijven bepalen mede hoe de onderzoeksagenda eruit ziet doordat zij hun prioriteiten aangeven. Dit industrieel onderzoekprogramma omvat in totaal vijf themagroepen met bijbehorende programma's waarvan voor deze sterkte/zwakte-analyse twee interessant zijn: Levensmiddelen- en Bioprocestechologie en Ontwerpen voor de Procesindustrie. Steekwoorden die de onderzoeksvragen weergeven zijn: nieuwe procesconcepten, ontwerp & retrofit, procesregeling en operaties, ontwikkelen van realistische procesmodellen als vervanging van kostbare instrument en in (proef) fabrieken.<sup>23</sup>

### *Stichting Informatica Onderzoek Nederland (SION)*

De Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) is de moederorganisatie waaronder SION (onder het Gebiedsbestuur Exacte Wetenschappen) valt. SION financiert projecten van het CWI, universiteiten en onderzoekscholen op het gebied van informatica.

SION kent de volgende twee hoofddoelstellingen:

- het bevorderen van het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de informatica;
- het bevorderen van de toepassing van de resultaten van het informatica-onderzoek.

Deze twee hoofddoelstellingen worden bewerkstelligd middels:

- het bevorderen van de kwaliteit van het onderzoek;
- het initiëren en stimuleren van nieuwe ontwikkelingen;

<sup>23</sup> OSPT, Onderzoekschool Procestechologie (OSPT), Jaarverslag 1996, p. 8, 11-22.

- het bevorderen van de overdracht van kennis en resultaten van door NWO geïnitieerd en gestimuleerd onderzoek ten behoeve van de samenleving;
- het zonnig bevorderen van de onderzoekcoördinatie.<sup>24</sup>

*Instituut voor Programmatuurkunde en Algoritmiek (IPA – penvoerder: TUE)*

IPA is in 1996 opgericht. De onderzoekschool is een samenwerkingsverband van zes universiteiten (KUN, TUE, VU, UT, RUL, UU) waarin onderzoek gedaan wordt op een thematisch samenhangend deelgebied van de informatica.

Doel van de onderzoekschool is:

- onderzoek op het gebied van de programmatuurkunde en algoritmiek;
- het verbeteren van postdoctorale opleidingen op het gebied van de programmatuur en algoritmiek;
- kennisoverdracht naar overheid, nationale instellingen en bedrijfsleven.<sup>25</sup>

Deze onderzoekschool houdt zich bezig met de bestudering en ontwikkeling van formalismen, methoden en technieken voor het ontwerp, de analyse en de constructie van programmatuur en programmatuurcomponenten.

*School voor Informatie- en KennisSystemen (SIKS)*

Onderzoek binnen deze interuniversitaire onderzoekschool (VU, UvA, TUD, TUE, RUL, UM, UT, UU) richt zich op de vraag hoe grote hoeveelheden informatie en kennis op een zinvolle en efficiënte manier kunnen worden opgeslagen, gestructureerd en bewerkt.

Dit onderzoek is onder te verdelen in vier componenten:

- analyse van toepassingsgebieden;
- modellering en specificering;
- realisatie;
- heuristische technieken.

Doel van SIKS is het verrichten van wetenschappelijk onderzoek op het gebied van informatie- en kennissystemen en het geven van postdoctorale opleidingen.

*Advanced School of Computing en Imaging (ASCI – penvoerder: TUD)*

Sinds 1995 is ASCI erkend door de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen (KNAW). In ASCI wordt deelgenomen door de TUD, UvA, VU en de RUL. De onderzoekschool onderhoudt nauwe contacten met TNO, de Grote Technologische Instituten (GTI's) en onderzoekscentra van het bedrijfsleven. De missie van ASCI is de versterking van het IT-onderzoek in Nederland en te zorgen voor een goed en gebalanceerd tweede fase onderwijs van hoog niveau.

---

<sup>24</sup> <http://www.wins.uva.nl/sion/ORGANISATIE.html>.

<sup>25</sup> <http://www.win.tue.nl/cs/ipa/internal/jaarverslag96/node3.html>.

ASCI richt zich binnen de informatietechnologie op twee hoofdthema's:

"Computersystemen: Systemen, Software & Architectuur" en "Beeldsystemen: Beeldverwerking & Patroonherkenning". Hierbinnen speelt de systeembenadering een cruciale rol.<sup>26</sup>

#### *Stichting Neurale Netwerken (SNN – penvoerder: KUN)*

Het Ministerie van Economische Zaken heeft in 1989 de Stichting Neurale Netwerken opgericht met als doel de overdracht van kennis met betrekking tot neurale netwerken van universiteiten naar de industrie te faciliteren. SNN bestaat uit een aantal onderzoekers afkomstig van zes verschillende vakgroepen in Nederland. SNN heeft voor zich zelf drie doelen geformuleerd:

- vertrouwd blijven met het gehele onderzoeksveld en een leidende positie in het onderzoek binnen neurale netwerken in te nemen;
- onderzoek naar nieuwe gebieden van neurale netwerk toepassingen te verrichten;
- kennistransfer naar de industrie c.q. bedrijfsleven te effectueren.

Om deze doelen te bereiken is SNN constant bezig met nieuwe basisonderzoeksprojecten uit te zetten die sleutel-problemen in het onderzoek aanpakken en tegelijkertijd relevante toepassingen opleveren. Verder houdt SNN een goed en breed internationaal netwerk van industriële contacten bij om goede inzichten te krijgen in de behoefte van het bedrijfsleven. SNN neemt deel in Europese netwerken (NEuroNet) en projecten (Novel Neural Networks, SIENA (ESPRIT project)).<sup>27</sup> In 1995 heeft SNN samen met STW het programma 'Technische Toepassingen voor Neurale Netwerken' gestart.

#### *Euregio Neuro-Fuzzy Centrum (NFC)*

NFC is een voorlichtings-, advies- en demonstratiecentrum voor fuzzy-technologieën, neurale netwerken en neuro-fuzzy systemen voor kleine en middelgrote bedrijven. In 1993 is NCF opgericht door de Universiteit Twente, de Fachhochschule Münster, het Centrum voor Micro-Elektronica en de Hogeschool Enschede. Doel van het Centrum is de toepassingen van de combinatie van fuzzy logic en neurale netwerken in één nieuwe technologie - Neuro-Fuzzy Systemen - te ondersteunen. Het NFC streeft er naar te bevorderen dat bedrijven van deze kennis gebruik maken om nieuwe, unieke en innovatieve producten, diensten en processen te ontwikkelen, zodat hun concurrentiepositie wordt versterkt.

---

<sup>26</sup> <http://www.asci.tudelft.nl/general/>.

<sup>27</sup> <http://www.mbfys.kun.nl/snn/jaarverslag/txt.node4.html>.

### *Dutch Institute of Systems and Control (DISC – penvoerder: TUD)*

De interuniversitaire onderzoeksschool *Systeemtheorie en Regeltechniek* is in 1995 opgericht door de technische universiteiten van Delft, Eindhoven en Twente. Vooral vakgroepen van deze universiteiten participeren in DISC. Verdere deelnemers zijn de LUW (vakgroep Agrotechniek en -fysica), een aantal instituten zoals het CWI, Stieltjes Instituut, Tinbergen Instituut, etc.

De wetenschappelijke missie van DISC bestaat uit drie delen:

- *Onderzoek*: fundamenteel en toegepast wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de systeemtheorie en regeltechniek;
- *Postdoctorale opleidingen*;
- *Kennisoverdracht*. Het instituut onderhoudt de aanwezige kennis op het gebied van systeemtheorie en regeltechniek en breidt deze uit. Verder draagt DISC deze kennis over aan het bedrijfsleven en andere gebruikers.

Onderzoek binnen DISC richt zich op de volgende vier onderzoeksgebieden: Modelling en Systeem Beschrijving, Systeemidentificatie, Bestuursystemen, Regeltechniek.<sup>28</sup>

### *Stichting Meet- en Besturingstechnologie (SMBT)*

Doel van SMBT is het stimuleren van wetenschappelijk onderzoek in de meet- en besturingstechnologie.<sup>29</sup> SMBT is een organisatie die in eerste instantie opgezet is voor onderzoekers aan universiteiten (bestaat al ongeveer 20 jaar). De stichting is onafhankelijk van universitaire administratie en biedt industriële partners de mogelijkheid aan te sluiten. SMBT heeft geen onderwijstaken en is een onafhankelijke beoordelende organisatie voor STW besturingstechnologie.<sup>30</sup>

### *Vereniging Informatici in de Agrarische Sector (VIAS)*

VIAS is in 1986 in Wageningen opgericht als antwoord op de groeiende aandacht voor de toepassing van informatica in de agrarische sector. Het doel van VIAS is een vrije uitwisseling van kennis en ervaring van de leden op het gebied van de toepassing van informatie- en computertechnologie in de agribusiness te bevorderen. Om deze doelstelling te verwezenlijken biedt VIAS de mogelijkheid tot informele contacten. Daarnaast worden publicatie- en presentatiemogelijkheden gecreëerd.<sup>31</sup>

---

<sup>28</sup> SMBT/DISC, *Wetenschappelijk Onderzoek in de Meet- en Besturingstechnologie, Systeemtheorie en Regeltechniek in Nederland*, Jaarboek 1997/1998, p. 15, 1998.

<sup>29</sup> SMBT/DISC, *Wetenschappelijk Onderzoek in de Meet- en Besturingstechnologie, Systeemtheorie en Regeltechniek in Nederland*, Jaarboek 1997/1998, p. 1-3, 1998.

<sup>30</sup> SMBT/DISC, *Wetenschappelijk Onderzoek in de Meet- en Besturingstechnologie, Systeemtheorie en Regeltechniek in Nederland*, Jaarboek 1997/1998, p. 1-3, 1998.

<sup>31</sup> <http://www.agro.stoas.nl/vias/>

### *European Federation of Food Science and Technology (EFFoST)*

EFFoST is een internationaal verband waarin naast kennisinstellingen ook bedrijven opereren. Ongeveer 90 organisaties uit 20 Europese landen nemen hierin deel. EFFoST concentreert zich op de samenwerking tussen voedingswetenschappers, ingenieurs, technologen en bedrijven op voeding- en voedinggerelateerde gebieden.

De kerndoelen van EFFoST zijn:

- de ontwikkeling van een hechter contact tussen voedingsproducenten, distributeurs, universiteiten en onderzoeksinstituten;
- te zorgen voor een snelle technologietransfer van onderzoek naar industriële toepassingen om de Europese concurrentiekracht te verbeteren;
- promoten van de ontwikkeling van het vakgebied en onderwijsvaardigheden binnen de voedingswetenschappen en de -technologie;
- harmoniseren van de voedingswetgeving en 'enforcement programmes' over geheel Europa;
- onderhouden van een netwerk van (onderzoeks-) organisaties binnen de Europese voedingsindustrie om samen te werken en kennis met elkaar te delen.<sup>32</sup>

De meeste van de hierboven besproken netwerken die een raakvlak hebben met intelligent (be)sturen van complexe systemen zijn onderzoekersnetwerken. In deze netwerken brengen onderzoekers hun activiteiten naar voren en stemmen deze op elkaar af. In de onderzoekersnetwerken wordt vaak ook getracht aandacht te besteden aan de behoeften van het bedrijfsleven en de toepassingen van het onderzoek in de praktijk.

Naast onderzoekersnetwerken bestaan ook netwerken die als doel hebben onderzoekers en gebruikers bij elkaar te brengen en daarmee een soort makelaarsfunctie vervullen zoals bijvoorbeeld het Euregio Neuro-Fuzzy-Centrum.

Verder is behalve bij OSPT, DISC en SMBT geen onderzoeksinstelling van de LUW of een DLO-instituut betrokken.

## **3.3. Performance**

### **Wetenschappelijke kwaliteit**

De VSNU onderzoeksvisite op het gebied van Wiskunde en Informatica concludeert dat de systeemtheorie en regeltechniek in Nederland goed vertegenwoordigd is met een aantal onderzoeksgroepen van internationaal niveau. Nederland wordt dan ook als het belangrijkste land op dit gebied in Europa beschouwd. Het is een veld met een toegepaste

---

<sup>32</sup> <http://www.ato.dlo.nl/EFFoST/>

invalshoek en continue bezig theoretische vraagstukken en oplossingen te genereren met een breed wiskundig interesse.<sup>33</sup>

In het veld van de kunstmatige intelligentie worden in Nederland een aantal subthema's bestreken zoals neurale netwerken, fuzzy logic, kennisgebaseerde systemen, etc. Thema's als spraak- en beeldherkenning (understanding) worden in Nederland niet onderzocht.<sup>34</sup>

Over het algemeen wordt door de VSNU het onderzoek op het gebied van de wiskunde en informatica als zeer goed beoordeeld maar te theoretisch. De relatie met de praktijk en de toepassingen van de kennis ontbreekt grotendeels in het onderzoek. Verder zijn de vakgroepen vaak erg klein en dreigen soms onder de grens van de kritieke massa te komen.<sup>35</sup>

Volgens de Technologie Radar hebben data- en kennissystemen maar weinig belang voor concurrentievermogen van de primaire sector. Binnen de voedings- en genotmiddelen-industrie worden, volgens Radar, de toepassingen van data- en kennissystemen zelfs als geheel onbelangrijk voor de concurrentiepositie beoordeeld.<sup>36</sup>

De agrofoodsector benut de kansen die de intelligent (be)sturing biedt aan hogere orde processen zoals de plantengroei nog niet aangezien bij de betreffende vakgroepen bij de universiteiten nog maar weinig kennis aanwezig is over de mogelijkheden die redeneersystemen aan de sector kunnen bieden. De kennissystemen worden nog maar weinig ingezet door de 'agrarische' vakgroepen waardoor het nog maar weinig zijn toepassing vindt in de primaire sector.<sup>37</sup> Tot nu toe worden intelligente (be)sturingsmechanismen alleen ingezet bij de *automatisering* van processen in de primaire sector.

IMAG-DLO bijvoorbeeld heeft veel kennis in huis om neurale netwerken te gebruiken voor hogere orde processen in de agrofoodsector. Het instituut is op zoek naar klanten die modellen willen laten ontwikkelen voor de besturing en optimalisering van hun processen. De mogelijkheden worden helaas niet opgepikt door de markt.<sup>38</sup>

ATO-DLO is onlangs bezocht door de visitatiecommissie van DLO. Deze visitatiecommissie had een internationale samenstelling. Het oordeel van deze visitatiecommissie was zeer positief ten aanzien van de kwaliteit van het werk op het terrein van modelleren en visualiseren waar intelligent besturen deel van uit maakt.<sup>39</sup>

---

<sup>33</sup> VSNU, Quality Assessment of Research – Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities, p. 30, 1997.

<sup>34</sup> VSNU, Quality Assessment of Research – Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities, p.35, 1997.

<sup>35</sup> VSNU, Quality Assessment of Research – Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities, p. 1-4, 1997.

<sup>36</sup> Ministerie van Economische Zaken, Technologie Radar deel 5, p. 34, 1998.

<sup>37</sup> Gesprek met Ir. J. Meuleman, IMAG-DLO, juli 1998.

<sup>38</sup> Gesprek met Ir. J. Meuleman, IMAG-DLO, Juli 1998.

<sup>39</sup> Gesprek met Ir. A.E. Simons, ATO-DLO, september 1998.



## **Maatschappelijke bruikbaarheid**

Het W&T-gebied Intelligent besturen richt zich op de ontwikkeling van zeer geavanceerde wijzen van dataverwerking en modellering. De gesprekken met deskundigen in het kader van deze analyse laten zien dat de huidige toepassing hiervan in de agrosector beperkt is.

In de primaire agroproductie (tuintbouw, akkerbouw, melkveehouderij en intensieve veehouderij) zijn in het kader van deze sterkte/zwakte-analyse nog geen toepassingen van kunstmatige intelligentie gevonden. Zoals eerder is aangegeven neemt echter de complexiteit van de bedrijfsvoering in de primaire productie steeds verder toe. De verwachting is dan ook dat dit op een termijn van 6 tot 10 jaar anders ligt. Tijdens de gesprekken zijn onder meer mega-tuintbouwbedrijven en precision farming genoemd als voorbeelden van ontwikkelingen in de primaire productie die de inzet van kunstmatige intelligentie vereisen.

In de voedingsmiddelen industrie, is geavanceerde procesbesturing op dit moment al essentieel, mede door de hoge eisen die worden gesteld op het gebied van productkwaliteit, productveiligheid en milieu. Onderzoek binnen het W&T-gebied Intelligent besturen is daarom nu al bruikbaar voor de toeleveranciers (m.n. de apparatenbouw) van deze sector.



## 4. Samenvatting en Conclusies

De essentie van dit W&T-gebied is het intelligent (be)sturen van groei-/fysiologische, productie- en verwerkingsprocessen in agroketens. Het begrip (be)sturen heeft betrekking op de groeiende betekenis van data- en informatiestromen in de akkerbouw, de tuinbouw, de veehouderij en in de voedingsmiddelenindustrie. De toevoeging 'intelligent' geeft aan dat de aandacht in deze sterkte/zwakte-analyse primair uitgaat naar (zelf)lerende systemen voor de verwerking van deze informatie. De uitdaging die hierin is besloten is dat de verwerking van de gegevens het karakter heeft van een leerproces.

Verwacht wordt dat intelligente (be)sturing steeds meer toepassingen zal vinden in de agrofoodsector, zowel in de voedingsmiddelen industrie als op termijn ook in de primaire productie. Het gaat daarbij om toepassingen in de beheersing van hogere orde processen, in de dynamische procescontrole (bij teelttechniek, kwaliteitsbeheer en bij fabrieksmatige processen) en ook in het conceptueel ontwerpen.

Belangrijke wetenschapsgebieden voor de ontwikkeling van intelligent (be)sturen zijn de Wiskunde en Informatica en de Procestechologie. Binnen de Wiskunde en Informatica gaat het vooral om de Systeemtheorie en Regeltechniek en Kunstmatige Intelligentie (neurale netwerken, fuzzy logic, zelflerende systemen, etc.). Het huidige onderzoek op dit gebied in ons land is overwegend fundamenteel van karakter. Binnen de procestechologie gaat het vooral om het optimaliseren en on-line bewaken van continue processen. Het merendeel van dit onderzoek richt zich op optimalisering van processen in de chemische procesindustrie.

Voor wat betreft de agrofoodsector heeft de ontwikkeling van intelligente processturing belangrijke potenties, gezien de complexiteit van productieprocessen in deze sector en de hoge kwaliteitseisen die worden gesteld aan producten en proces-condities. De complexiteit van de bedrijfsvoering en van de processen neemt in de primaire sector en in de voedingsmiddelen industrie steeds verder toe. Bovendien is de laatste jaren ook de aandacht voor de samenhang binnen de gehele productketen, van primaire productie tot en met de verkoop van het eindproduct, sterk gegroeid. Met deze toenemende complexiteit wordt het steeds belangrijker om grote hoeveelheden data over uiteenlopende aspecten van productieprocessen goed te kunnen hanteren en op basis daarvan te komen tot een optimale besturing van deze productieprocessen.

De resultaten van deze sterkte/zwakte-analyse zijn samengevat in tabel 6.

Tabel 6: *Beoordelingen*

<b>Criterium</b>	<b>Beoordeling</b>	<b>Sterktes</b>	<b>Zwaktes</b>
Middelenpositie	+/-	Grote capaciteit in fundamenteel onderzoek	In de agrofood is de capaciteit beperkt
Systeemkenmerken	+/-	Aantal netwerken voor fundamenteel onderzoek aanwezig	Nauwelijks netwerken rond intelligente besturing van agrofood-processen
Wetenschappelijke kwaliteit	+/-	Kwalitatief hoogwaardig fundamenteel onderzoek	Weinig continuïteit in onderzoek dat zich richt op primaire sector en verwerkende industrie
Maatschappelijke bruikbaarheid	-	Toepassing begint in verwerkende industrie	Nog geen toepassingen in primaire sector

De tabel laat zien dat op basis van deze sterkte/zwakte-analyse geconstateerd moet worden dat voor wat betreft de agrofoodsector de ontwikkeling naar intelligente (be)sturing van processen nog in de kinderschoenen staat. Op elk van de beoordelingscriteria zijn naast sterkten echter ook zwakten te noemen.

Zo is er op dit moment een relatief sterke omvang en infrastructuur voor fundamenteel onderzoek betreffende (zelflerende) data- en kennissystemen, maar is de positie van toepassingsgericht onderzoek ten behoeve van intelligente (be)sturing van agrofood-processen duidelijk zwakker. Het onderzoek is voornamelijk geconcentreerd bij ATO-DLO en daarnaast zijn IMAG-DLO, TNO Voeding en NIZO op dit terrein met een bescheiden personele inzet actief. Voor zover bekend is de kwaliteit van dit toepassingsgerichte onderzoek goed. Momenteel zijn er geen onderzoeksnetwerken die zich specifiek richten op intelligente processturing in de agrofood-sector. Wel sluit het thema aan bij de doelstellingen van twee bestaande netwerken in de agrofoodsector (VIAS, EFFoST).

De mogelijkheden die kunstmatige intelligentie biedt voor procesinnovatie in de primaire sector en in de voedingsmiddelen industrie hebben nog niet geleid tot een substantiële vraag naar kennis- en technologieontwikkeling vanuit de markt. In de primaire productie worden wel mogelijke toepassingen geïdentificeerd, maar de marktpenetratie daarvan wordt pas op een termijn van 6 tot 10 jaar verwacht. In de verwerkende industrie is al wel sprake van toepassingen, maar in vergelijking met de geavanceerde processturing in de chemie is ook de voedingsmiddelen industrie nog relatief ambachtelijk. Het ontbreken van een kapitaalkrachtige vraag vanuit de sector lijkt mede debet aan de relatief beperkte omvang van de capaciteit voor toepassingsgericht onderzoek.

# **Verslag Workshop Modelleren en Visualiseren d.d. 10 november 1998**

## **1. Opening**

De voorzitter, Ir. A.A. Jongebreur, licht de doelstelling van de bijeenkomst toe. De NRLO voert een serie verkenningen uit van wetenschaps- en technologiegebieden. Per gebied zijn door vooraanstaande wetenschappers essays geschreven, gebaseerd op persoonlijke visie op de ontwikkelingen in en rond een gebied, of is er een studie uitgevoerd door een groep wetenschappers. Een daaropvolgende activiteit is geweest het laten uitvoeren van een sterkte/zwakte-analyse van de betreffende gebieden. Vanuit verschillende invalshoeken (essays en studies) heeft de NRLO een domein geselecteerd met als naam "Modelleren en visualiseren". De analyse van TNO/STB wordt nu in de vorm van een concept-rapport op deze workshop gepresenteerd, met een aantal discussiepunten. Op deze workshop gaat het erom na te gaan of inhoudelijk en structureel de juiste punten zijn geselecteerd. Aan de deelnemers wordt gevraagd hierop te reageren en vanuit de eigen optiek ideeën en actiepunten aan te dragen die voor versterking van het gebied van belang zouden kunnen zijn. Dat kan zowel inhoudelijk als gericht op de (infra)structuur. De voorzitter heeft drie deelnemers aan de workshop gevraagd een reactie voor te bereiden als aanzet voor discussie: Prof. Van Straten (vanuit de universitaire wereld), Dr. Roes (vanuit de instituten) en Ir. Kummeling (vanuit het bedrijfsleven).

## **2. Presentatie van de hoofdpunten uit het TNO/STB-rapport**

De hoofdpunten worden kort toegelicht.

Simons vraagt waarom het gekozen gebied zo beperkt is gehouden. Weterings (TNO/STB) stelt dat de keuze in overleg met de NRLO tot stand is gekomen en dat intelligent besturen een leidraad is geworden. Annevelink vraagt of de analyse niet ook de kansen en bedreigingen in kaart had moeten brengen. De stelling dat er geen marktvraag is vindt hij discutabel. Daarbij gaat het erom naast de maatschappelijke bruikbaarheid met name het aanbod vanuit de wetenschap centraal te stellen. Simons vindt de stelling dat er geen marktvraag is eveneens verbazend. Als je kijkt naar de voedsel verwerkende industrie en de chemie, dan is die vraag er wel. Meuleman stelt, dat de stelling over de onvoldoende kritische massa niet alleen nationaal maar ook internationaal moet worden bekeken.

### 3. Reacties

#### *Reactie Prof.dr.ir. G. van Straten*

Van Straten heeft de essentie van zijn commentaar op sheets gezet (bijlage 1). Wijst erop dat, als je naar het totale veld kijkt, het rapport zich vooral richt op dataverwerking en modelleren. Dat is een erg beperkte blik op het veld. Andere belangrijke gebieden worden nauwelijks aan de orde gesteld. Wijst daarbij met name op sensortechnologie en de besturing van processen. Constateert een overschatting van de mogelijkheden van fuzzy logic en neurale netwerken. Ook met de First Principles methoden kan veel worden bereikt. Waarschuwt ervoor dat termen als neurale netwerken en fuzzy logic aantrekkelijk lijken maar dat weinigen begrijpen waarover het gaat. Acht ook de mogelijkheden voor besturing via internet en intranet zeer onderbelicht.

Bij de analyse zijn de volgende opmerkingen te maken. De kritische massa in Wageningen is groter dan men denkt, zeker als men de groepen van ATO/IMAG en LUW samen neemt in plaats van ze te zien als losse groepen. De aansluiting met de markt is verschillend. Bij de procesindustrie is die goed, maar met de primaire sector zwak. Een heel belangrijk knelpunt voor dit vakgebied is het te kleine arbeidsaanbod. Veel opgeleiden blijven bovendien in de wetenschappelijke wereld hangen en dat draagt niet bij aan een goede samenwerking met het bedrijfsleven.

Geeft vervolgens een overzicht van denkbare instrumenten om op dit gebied tot versterking te komen (zie sheet in bijlage 1).

#### *Reactie van Dr. C.B. Roes*

Heeft zijn commentaar ook op sheets gezet (bijlage 2). Onderstreept het belang van intelligente besturing van processen. Acht de benadering in het rapport te smal. Visualisering ontbreekt helemaal. Vindt het onbegrijpelijk dat er maar een beperkte marktvraag zou zijn. Is daar voldoende naar gekeken? Over welke markten heb je het? De primaire agrosector, de toeleverende industrie, de voedselverwerkende industrie? Is er voor marktpartijen in de agrofood niet veel te halen bij industrieën in andere sectoren? Veel technologie is niet agro-specifiek. Er zit een grote marktvraag in het beheersen van processen in ketens. Je moet evenwel kritisch blijven: is al die intelligentie nodig voor de gewenste besturing? Is het eens met de andere conclusies/discussiepunten over de kwaliteit van het fundamentele onderzoek en de netwerken. Mist aandacht voor de positie en kwaliteit van kennis en kundes bij industrie en bedrijfsleven.

Stelt voor de drie discussievragen in volgorde om te draaien: eerst de marktvraag behandelen, dan de gewenste disciplines en vervolgens waar je versterkingen moet aanbrengen. Pleit vervolgens voor een integrale benadering van het veld.

Stelt tenslotte dat meer data niet altijd leidt tot meer informatie. Je moet toch streven naar meer inzicht in processen. Er zijn meer bronnen voor variatie dan met dit veld opgelost kunnen worden.

#### *Reactie Ir. J.W.M. Kummeling*

Benadrukt de zwakke positie van de kleinere (MKB-type) toeleverende industrie in de primaire sector. Er zijn verscheidene bedrijven die elk voor zich maar een zeer beperkt deel van de markt bestrijken. Dat geldt voor zijn bedrijf (geautomatiseerde champignon-pluk), maar ook voor bijvoorbeeld Prolion (melkrobots). Er is weinig ruimte voor grote investeringen en het daarbij passende onderzoek. De risico's zijn gewoon te groot.

#### *Overige punten*

Melssen vindt dat er meer aandacht moet komen voor de kennistransfer. De markt moet op een eenvoudige en makkelijke manier te weten kunnen komen wat de mogelijkheden zijn. Daaraan ontbreekt het volkomen. Veel kennis wordt te theoretisch gebracht. Het gaat om het populariseren van de beschikbare kennis. Paardekoper sluit daarbij aan met een pleidooi om dit aspect al in de opleiding (op elk niveau) mee te nemen.

Meuleman vindt dat in de discussie een onderscheid gemaakt moet worden tussen kennisgeneratie en innovatie. Je moet ook de ontwikkelingen in de procesindustrie scheiden van die in de primaire sector (incl. toeleverende bedrijven). Bij kennisgeneratie en innovatie zijn er verschillende markten.

Ceton wijst op de voorsprong in denken op het gebied van meten en regelen in de chemische industrie. We moeten ons dus goed afvragen waarom we iets zouden willen versterken. Onderstreept dat er teveel verwacht wordt van fuzzy logic en neurale netwerken. Van Straten stelt dat voor besturing goede (gevalideerde) modellen nodig zijn. Meuleman stelt dat soms processen niet goed zijn te begrijpen en te beschrijven. Dan kan via neurale netwerken of fuzzy logic toch geleidelijk inzicht worden verkregen. Zie het als hulpmiddel om verder te komen.

## **4. Discussie op hoofdpunten**

De voorzitter structureert de discussie als volgt:

- Welke markten zijn te onderscheiden voor kennis en kunde op het gebied van het intelligent besturen? (bijvoorbeeld bij de verwerkende industrie en de primaire sector).  
Welke acties zijn nodig om markten en kennisbronnen bij elkaar te brengen?
- Welke verschillende behoeften leven er in die markten? Is er zicht op de kennis en kunde bij de industrie? Zijn er speciale acties nodig om dat te achterhalen?

- Waartoe leidt het inzicht in de behoeften in de verschillende markten bij kennisinstellingen? (vragen over kritische massa, gewenste disciplines, opleiding, kennis-transfer?). Welke acties zijn nodig bij kennisinstellingen?

De voorzitter stelt voor de vragen ook in perspectief te bekijken: liggen er vragen voor de korte (1-3 jaar), middellange (4-6 jaar) of lange termijn (langer dan 6 jaar).

Van Weel wijst op de studie van de Nationale Investeringsbank (NIB), die ruimte ziet voor de ontwikkeling van mega-tuinbouwbedrijven. Die bedrijven zijn alleen mogelijk op basis van een steeds verder doorgevoerde procesbesturing. Daar ligt dus een belangrijke markt vraag. Het perspectief is 6-10 jaar.

Simons stelt dat de voedselverwerkende industrie tot stilstand zou komen zonder die systemen. Denk alleen al aan de eisen die tegenwoordig worden gesteld op het gebied van milieu, energie en voedselveiligheid. Of aan logistieke processen. Het beheersen van de productieprocessen vanuit het inzicht wat er aan product(kwaliteit) geleverd moet worden is essentieel. De voorzitter vraagt zich af of belangrijke onderdelen van de procescontrol al elders worden ontwikkeld. Wat is de specifieke inbreng van de agrofoodsector? Simons stelt dat het er juist om gaat de technische systemen en de foodkennis te integreren. Zo niet, dan gaat het fout. Paardekoper onderstreept dat ten volle. Veel technologie komt uit de procesindustrie. Al 10-15 jaar geleden speelde dat volop in de petrochemische industrie. De aansluiting met de voedingsindustrie was toen moeizaam: een sector die veel discussieerde over processen, maar niet de essentie kon formuleren. Het inzicht in de werkelijke processen was er niet. Dat was voor de procesindustrie een probleem. Wijst op het belang van een juiste toepassing van First Principles technieken.

Paardekoper wijst op een aantal andere punten in de agrofood:

- Het werken met natuurlijke materialen is anders dan techneuten verwachten.
- Intelligent besturen is een interessant gebied. Maar vergeet een ding niet: het komt vooral aan op het intelligent interpreteren.
- De vraag wat de investeringsruimte is. Zijn er kapitaalkrachtige partijen of hebben we te maken met veel kleine toeleveranciers die elk voor zich weinig kunnen investeren? Maar ook: als er in een productielijn veel is geïnvesteerd, dan worden grote vernieuwingen, die andere systemen vereisen moeilijk te realiseren.
- De toegankelijkheid van de kennisinfrastructuur. Kennis is vaak erg gefractioneerd, veel individuen met hoge kwaliteit. Hoe vind ik de juiste persoon? Onderzoekers die iets buiten hun vakgebied zoeken, kijken eerst lokaal om zich heen. Dus ontwikkelt kennis zich erg lokaal, min of meer opgesloten in het eigen domein. De opleiding moet ook aandacht hebben.



- Het gaat vaak over MKB-bedrijven, hun werknemers (vaak HBO) moeten er ook mee overweg kunnen. Bij die bedrijven en medewerkers de marktfragen ontdekken en structureren. Besef dat veel bedrijven, ook de toeleveranciers in het MKB internationaal werken.
- Versterking van de band (en de uitwisseling van ideeën) tussen markt en onderzoek kan wellicht door een intermediaire functie te creëren, een soort platform.

De voorzitter onderstreept het feit, dat globalisering volop aan de orde is.

Pekkeriet stelt dat de markt vraag bij de primaire sector voortkomt uit de korte termijn optiek van ondernemers. Eerder nog denken aan 1-2 jaar dan 3-4 jaar. Beslist niet langer. Het nut moet direct zichtbaar zijn en er moet zicht zijn op de vraag of er iets mee te verdienen valt. Er is altijd een latente vraag, maar als het gebodene onvoldoende wordt begrepen dan valt de belangstelling snel weg. Het gaat erom goede voorbeelden te geven, zodat men geïnteresseerd raakt. Goede voorbeelden, daar gaat het om. Zo hebben Meuleman en Van Weel enorme progressie gemaakt bij het gewas Ficus, maar het wordt door de ondernemers niet gezien of begrepen.

In de tuinbouw speelt ook dat allerlei ontwikkelingen zo specifiek zijn. Bij de aanbodsprognose is zelfs sprake van rasspecifieke sturing.

Pekkeriet noemt vervolgens dat toeleveranciers te weinig fundamentele kennis hebben. Ze kopen iets in, om het direct toe te kunnen passen.

De voorzitter ziet een leemte tussen aanbod en markt. Stelt dat een platform, zoals genoemd door Paardekoper, mogelijk een nuttige schakelfunctie zou kunnen vervullen tussen diverse partijen.

Meuleman stelt dat bij het project Ficus er sprake was van generatie van nieuwe kennis (nieuw inzicht in werkingsmechanismen). Bij tuinders gaat het om de toepassing. Die brug (tussen kennisgeneratie en innovatie) moet worden gelegd. Pekkeriet stelt dat het bij presentaties vaak gaat over de vraag hoe iets werkt, en dat men dan niet toekomt aan wat het resultaat is. Dat betekent volgens de voorzitter een te hoog technutengehalte (te weinig aandacht voor de omgeving van de toepassing). Van Straten denkt dat er nu toch wel een karikatuur van de markt vraag wordt gemaakt. Wijst op het belang van teamwork van technuten en automatiseerders. Vindt dat bij kennisinstellingen weinig aandacht is voor de vraag hoe het technologieproduct presentabel (toepasbaar) te maken. De vormgeving is vaak erg belangrijk. Acht dat een bottleneck. Simons vindt dat er eerst nagedacht moet worden over de toegevoegde waarde voor tuinders of ondernemers. Van Elburg denkt dat er sprake is van een grote mismatch op de tijdschaal. Tuinders denken in termen van 1-2 jaar, het onderzoek meer in termen van 6-8 jaar. Als dat zo is dan moeten de kennisinstellingen zich wel afvragen of ze goed bezig zijn, oordeelt Simons. De voorzitter en Kummeling stellen dat een termijn van 1-3 jaar voor de ontwikkeling van bijvoorbeeld sensoren voor robots niets is, je moet echt denken in termen van 6-8 jaar voor je iets in de

markt kunt zetten. De vraag is dan wie die tijdspanne overbrugt. Van Weel geeft aan dat ontwikkelingen vaak snel gaan. Bepaalde delen van onderzoek, zoals simulatie waren 10 jaar geleden nog nieuw, nu zit dat in pakketen voor HBO-studenten. Van Elburg stelt dat markten ook met voorbeeldprojecten opgebouwd kunnen worden. Maak een soort voorbeeldbedrijf van de toekomst. Laat nieuwe ontwikkelingen zien. Paardekoper bevestigt dat er vaak financiering is te vinden voor voorbeeldprojecten, maar bedrijven moeten wel veel investeren in de implementatie van producten, zoals sensoren voor vaak heel specifieke toepassingen. Dat is vaak een rem. Ziet dikwijls dat bedrijven niet onderling communiceren over hun problemen. Misschien zou er een investeringsfonds voor dit type ontwikkelingen moeten komen.

De voorzitter stelt vast dat er dus wel degelijk een markt vraag is. Er moet echter nadrukkelijk gekeken worden naar wat je wilt bereiken met intelligente besturing. De beelden die verschillende spelers daarover hebben zijn zeer divers.

Een actie zou kunnen zijn een platform te creëren waarin je verschillende partijen uit de onderzoekswereld en het bedrijfsleven bij elkaar brengt.

De voorzitter stelt vervolgens de behoeften in de markt centraal.

Ceton stelt dat het heel belangrijk is de behoeften in de markten goed in beeld te krijgen. De spanning zit dus tussen de korte termijn blik van ondernemers en toepassers en de veel langere blik van het onderzoek. Stelt dat de korte termijn dan een hoofdrol moet spelen om die verbinding te krijgen. Projecten faseren. Kansen zijn er door stimuleringsprogramma's als EET van EZ.

Kummeling schetst dat het probleem, voor de kleinere toeleveranciers gericht op de primaire sector, zit in de grote variëteit van de typen producten en de geringe omvang van specifieke markten. De levende producten moeten anders worden benaderd dan wordt gedaan in de chemische procesindustrie. Daardoor zie je heel vaak een enorme discrepantie tussen de verwachtingen en de realisatie. De doorlooptijden voor ontwikkelen van nieuwe producten is groot. Ceton voegt daarbij het gebrek aan investeringsmogelijkheden van deze bedrijven. Pekkeriet onderstreept dat de tijdshorizon voor nieuwe ontwikkelingen niet te lang mag zijn. Dat zou betekenen dat de investeringen in die ontwikkelingen ergens anders gelegd moeten worden dan bij die bedrijven. Simons stelt dat de melkrobot toch ook vanuit de toeleveranciers is ontwikkeld. Van Straten denkt dat de discrepantie tussen het korte en lange termijn denken overbrugd zou moeten worden. Je hebt stimuleringsmiddelen nodig. EZ doet zoiets met het EET-programma. Maar het is wel het enige. Vanuit LNV is er niets.

Van Elburg stelt, dat je de industrie wel een technologie kunt aanreiken, maar de vraag is of dat de werkelijke behoefte is. Kunnen doelen ook met alternatieve methoden worden bereikt? Simons wijst nogmaals op het investeringstraject in de industrie. Dat laat vaak niet toe om op geheel nieuwe technologieën over te stappen.

De voorzitter stelt aan de orde de vraag hoe het zit met de kennis en kunde bij de bedrijven op dit terrein. Paardekoper stelt dat dat afhangt van de bedrijven. Varkensbedrijven met 10.000 varkens zoals in de USA, hebben totaal andere wensen dan kleine bedrijven zoals in Nederland. Stelt ook dat de agrarische industrie verder kijkt dan de voedingsinstituten. Noemt als voorbeeld het koelen in de vleesketen. De industrie denkt dat men de kennis over koelen elders kan inkopen. Noemt vervolgens dat onderschat wordt hoe belangrijk de mens is die met al die software moet omgaan. Er gaat bovendien erg veel veranderen, denk aan massaindividualisering, flexibilisering en logistiek. Dat stelt nieuwe eisen aan de mensen op de bedrijven, maar ook aan de kennisontwikkelaars. Constateert een groot verschil tussen de opleidingen in de chemische industrie en die in de agrarische industrie. Daar zit een grote leemte! Er zal meer in teams gewerkt moeten gaan worden, meer integraal. Je moet dan kijken naar het hele traject van MBO-HBO-LUW. Hoe speelt men in op ontwikkelingen op het terrein van intelligent besturen? Zijn de basisdisciplines voldoende aanwezig? Bedenk dat de chemische industrie een wereldnaam heeft in ontwerpen en besturen van chemische processen. Hoe zit dat in de agrarische wereld, of het agrarisch onderwijs? Er is inzet nodig op allerlei terrein: workshops, scholingsinstrumenten, post academische cursussen. Inspelen op "continu leren". De voorzitter vult aan dat het er niet alleen om gaat de top op te leiden maar vooral het middenkader, de mensen die met de systemen kunnen omgaan. Simons stelt daar tegenover, dat de technici de gebruikers op hun begripsniveau moeten aanspreken. In plaats van scholing zou je betere technieken moeten leveren. Roes onderschrijft de noodzaak voor een integrale aanpak vanuit het fundamentele en toegepaste onderzoek. De universitaire onderzoeker zou ook eens mee moeten gaan op acquisitiebezoek.

Ceton wijst erop, dat we ook goed moeten letten op de Brusselse regelgeving, bijvoorbeeld op het gebied van voedselkwaliteit en voedselveiligheid. Dat kan heel sturend zijn en ondernemers ertoe dwingen over bedrijfsprocessen na te denken.

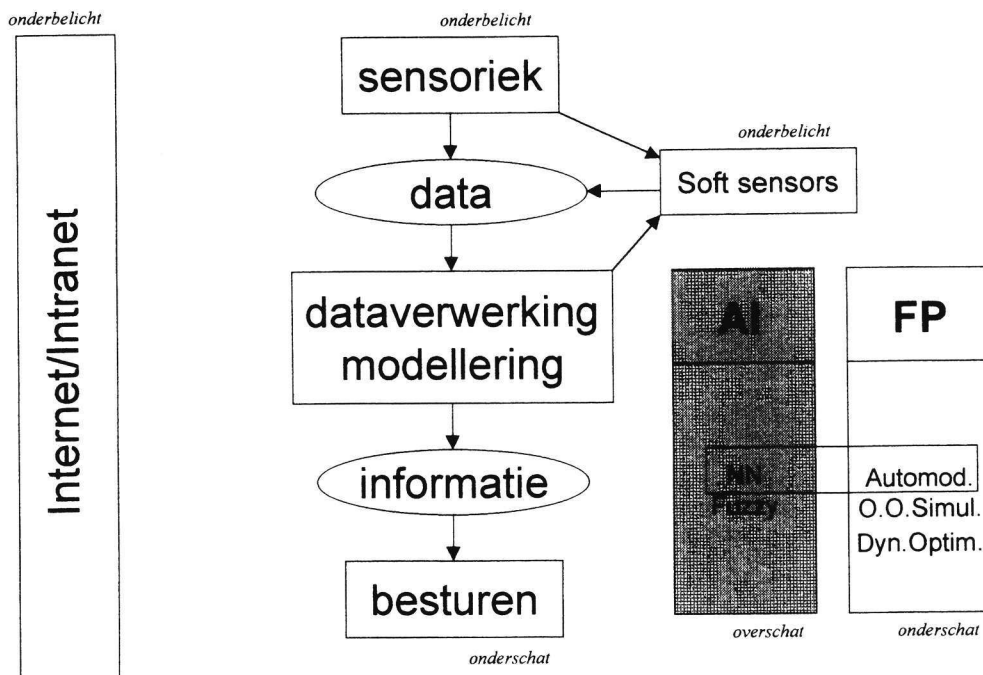
De voorzitter stelt vast dat de marktvraag er is en dat ingespeeld moet worden op de verschillen in lange termijn denken vanuit het onderzoek en het korte termijn denken vanuit ondernemers. Er zal beter duidelijk gemaakt moeten worden wat het gebied van intelligent besturen kan betekenen voor de toeleverende en verwerkende industrie. Dan rest de vraag of de kritische massa van het onderzoekspotentieel voldoende is.

Pekkeriet stelt, dat je daar geen zorgen over moet maken. Als duidelijk is dat er een markt is, dan groeit de kritische massa vanzelf. Vindt dat een doorbraak nodig is naar de markt van de primaire sector. Van Elburg verwacht dat dat pas op termijn effect kan sorteren. De vraag is of er nu een impuls gegeven zou moeten worden. Volgens Pekkeriet is een impuls nodig om de marktvraag te articuleren. Meuleman vindt dat je niet op de markt kan wachten. Het vakgebied (neurale netwerken etc.) ontwikkelt zich vanzelf. Pekkeriet denkt dat het platform daarin iets kan betekenen, het samenbrengen van sectoren/markten en dit vakgebied.

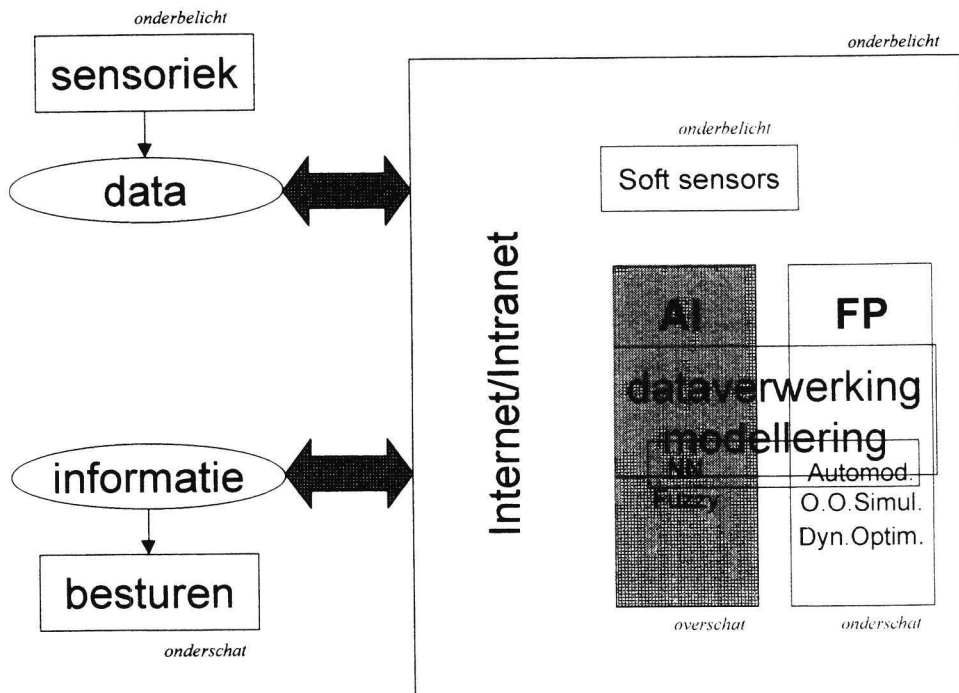
Paardekoper schat in dat de kritische massa voldoende is, maar dat je goed moet nagaan wat je (intelligent) wilt besturen: processen, productie, logistiek e.d.

De voorzitter vat samen dat een belangrijke succesvoorwaarde is voor de ontwikkeling van het vakgebied en de markt om contact tussen de spelers in die markt tot stand te brengen. Vooralsnog (op korte termijn) is er weinig zorg over de kritische massa vanuit het onderzoek (de markt heeft daarbij een sturende werking).

**Bijlage 1: sheets reactie Prof.Dr.Ir. G. van Straten**



*modelleren en visualiseren*



*modelleren en visualiseren*

# Kanttekeningen Analyse

- Omvang ATO-IMAG-LUW?!
- Aansluiting markt:
  - primaire sector: zwak
  - secundaire sector: beter

*markt: methoden zijn nooit doel!*

*doelmatigheid moet aangetoond*

- Knelpunt: arbeidsaanbod

*modelleren en visualiseren*

## Instrumenten

- LNV-IOP
- LNV-Stimuleringsregelingen

---

- AIO salariering / TWAIO?
- LUW opleiding Biosysteemtechniek?

---

- WageningenUR: MRS ↔ ICT  
Centre for Advanced Agrosystems Research
- Netwerkversterking (DISC/ASCI ↔ Sector)

*modelleren en visualiseren*

## **Modelleren en visualiseren**

Punten bij de sterkte/zwakte analyse

Dr Kit C.B. Roes, Centrum voor Biometrie Wageningen, CPRO-DLO

- Belang van intelligente besturing van processen
- Opmerkingen sterkte/zwakte analyse
- Discussiepunten en aanvullende gezichtspunten



## **Belang van intelligente besturing van processen**

- Beheersing en verbetering van toenemend complexe processen in agroproductieketens
- Opbrengsten:
  - Lagere kosten
  - Hogere kwaliteit
  - Hogere opbrengsten
  - Minder verspilling
- Onbegrijpelijk dat er zeer beperkte marktvaag is!



## Belang van intelligente besturing van processen

Hoezo geen marktvraag ?

- Beheersing en verbetering van processen in ketens is wel een duidelijke vraag!
- Niet duidelijk is of het geschetste vakgebied op zichzelf in alle gevallen de grootste impact heeft op de beheersing en besturing van processen.
  - Voorbeelden.....
- Waar het wel impact heeft wordt het vaak 'ingekocht': de toe te voegen intelligentie wordt niet direct aan de agrofoodketens geleverd.



## Opmerkingen sterkte/zwakte analyse

- Ondersteun de conclusies m.b.t. kwaliteit fundamenteel onderzoek, bijbehorende netwerken en de beperkte aansluiting op de markt.
- Netwerk richting andere benaderingen voor procesbeheersing en kwaliteitsverbetering zeer beperkt. Multi-nationals investeren daar wel substantieel in ('Zes Sigma', e.d.).
- Kennis en kunde bij industrie en bedrijfsleven onderschat; daar is de focus wellicht niet onderzoek.





## Discussiepunten en aanvullende gezichtpunten

De ingebrachte discussiepunten kennen hiërarchie:

- Marktvraag articuleren; naast mogelijk financiële, culturele en organisatorische barrieres is implementatie en impact op afzienbare termijn wezenlijk. Onderzoeksinstanties + markt
- Op basis marktvraag bundeling van relevante (fundamentele) disciplines wellicht uit breder gebied dan nu geschetst. Onderzoeksinstanties/scholen ...
- Versterking van kritische massa wordt ingegeven door bovenstaande ontwikkelingen. Dit kan ook verschuivingen inhouden.



## Discussiepunten en aanvullende gezichtpunten

Aanvullend:

- Procesbeheersing en procesverbetering hebben vaak als uiteindelijk doel: reduceren variatie rondom target kwaliteit.
- Het geschetste veld is niet voor alle bronnen van variatie bruikbare oplossing.
- Meer data uit het proces betekent in die context ook lang niet altijd meer informatie over de oorzaken van variatie in het proces.

Meer integratie van het geschetste veld met andere methodologie voor beheersing & verbetering geeft belangrijke meerwaarde: integrale benadering

