

# AGROLOGISTIEK EN TECHNIEK

M. P. Reinders

*Voordat het thema van dit artikel, agrologistiek en techniek bij het ATO, verder besproken zal worden, is het zinvol om kort in te gaan op de structuur van het nieuwe onderzoeksinstituut waarbinnen het onderzoeksveld agrologistiek wordt ingevuld.*

*Het onderzoeksinstituut ATO (Agro Technologisch Onderzoeksinstituut) is recentelijk gestart. Begin '89 werd de structuur ontwikkeld die resulteerde in de zeven hoofd-afdelingen (sectoren) zoals die nu bestaan. Dit betekent, dat binnen het ATO onderzoek gedaan wordt naar bewaar-methoden (abiotische factoren), houdbaarheid (biotische factoren), biochemische be- en verwerking, fysische be- en verwerking, agrificatie, bioconversie, en agrologistiek en techniek (A&T), steeds gericht op producten van een (indirecte) agrarische herkomst.*

*Genoemde hoofdafdelingen worden bemand via drie instroomkanalen: het voormalige Sprenger Instituut (SI), het voormalige Instituut voor Bewaring en Verwerking van Landbouwgewassen (IBVL), en de nieuwe instroom, welke inmiddels een meerderheid vormt. Met name product-kennis en inzicht in bewaarprocessen was aanwezig in voornoemde voormalige DLO instituten. Dit betekent, dat voor de overige disciplines veel "nieuwe" kennis in huis gehaald diende te worden, een proces dat nog gaande is.*

## Agrologistiek

Bij de bespreking van het onderzoek van de hoofdafdeling A&T zal veelvuldig de term "agrologistiek" vallen. Dit suggereert een algemene bekendheid van deze term. Dit is echter niet het geval, hetgeen degenen die met de term geconfronteerd worden ook allerm minst kwalijk kan worden genomen.

Om meerdere redenen is de term "agrologistiek" een verwarrende aanduiding. Immers, valt binnen dit veld ook de "gewone" logistiek? Zo nee, wat is dan het verschil? Is agrologistiek iets anders dan integrale goederenstroom-beheersing of ketenonderzoek? Zijn ook de informatiestromen onderwerp van onderzoek? Valt onder logistiek alleen verplaatsing van goederen (hetgeen vaak verondersteld wordt) of ook de be- en verwerkingsstappen? Als dit laatste binnen deze discipline valt, wordt dan plots alles agrologistiek genoemd? Om deze verwarring enigszins weg te nemen zal worden uitgegaan van de volgende definitie, geformuleerd door de taakgroep agrologistiek van de NRLO:

*Agrologistiek houdt in: de organisatie, planning, beheersing en besturing van de verwervings-, transport-, opslag-, verwerkings- en verpakkingsactiviteiten in relatie tot de fysieke doorsturing van goederen vanaf de eerste winning van de grondstoffen (van agrarische herkomst) tot en met het leveren van de eindproducten aan de afnemers. Ketenintegratie is prioriteit. De invloed van be-*

*waartechnologie, informatietechnologie, wordt nadrukkelijk mee genomen.*

Agrologistiek kan dus beschouwd worden als de logistiek van het doorgaans bederfelijke agrarische product. Uit de definitie blijkt dat alhoewel de term agrologistiek verwarrend kan zijn, het duidelijk is dat de bestaande term "logistiek" onvoldoende ladingdekkend zou zijn geweest in deze context.

## De hoofdafdeling A&T

### Structuur

Uit bovenstaande beschrijving van het onderzoeksveld blijkt dat het onderzoek van de afdeling A&T per definitie een uitermate multidisciplinair karakter heeft. Dit is terug te vinden in de samenstelling van de afdeling. De totale capaciteit (op dit moment ongeveer 20 personen) is ingezet in een aantal secties, ook wel onderzoeksgroepen genoemd. Op dit moment worden onderscheiden: modelbouw (met oa. operations research), statistiek, computerbeeld-analyse, verpakkingstechnologie, koel- en transporttechnologie, en de sectie computers en software. Deze indeling heeft een voorlopig karakter en zal waar nodig verder worden ingevuld.

### Missie

Binnen de afdeling A&T dient een synthese plaats te vinden van kennis zoals die beschikbaar is en gegenereerd wordt in de afdelingen van het ATO, zodanig dat deze ingezet kan worden om de kwaliteit van de besluitvorming in de voor ons relevante bedrijfskolommen te verhogen. Bij besluitvorming in deze context kan gedacht worden aan het hele palet van beslissingen lopend van procesbeheersing tot investeringsallocatie.

Dit betekent dus, dat A&T zich niet zal beperken tot operationele problemen, maar dat ook meer strategische problematiek onderwerp van onderzoek zal zijn.

Het beschikbaar maken van relevante kennis voor belanghebbenden, waaronder collega-instituten, bedrijfsleven en overheid zal vaak plaats vinden in de vorm van ontwikkelde gereedschappen. Deze systemen zullen wat structuur betreft meer of minder geautomatiseerd kunnen zijn, en vaak het karakter van beslissing ondersteunende systemen (BOS, of decision support systems DSS) hebben. Productkennis, inzicht in be- en verwerkingsprocessen, logistieke en (bedrijfs)economische expertise kan op deze wijze gebundeld worden om de complexe problematiek in naoogstketens het hoofd te bieden.

### Onderzoeksrichtingen

Het onderzoek dat verricht wordt binnen ATO-A&T laat zich goed beschrijven langs een aantal verschillende assen. Zo kan een as gericht op het product beschouwd worden, een tweede ingang vormt de integrale goederen-

stroom benadering, vervolgens speelt de inzet van de techniek en technologie een belangrijke rol, verder laat zich de ondersteuning van de besluitvorming en het gebruik van domeinkennis onderscheiden, en als laatste as binnen dit korte overzicht kan de rol van de informatietechnologie dienen. Deze indeling zal als leidraad gebruikt worden bij de nu volgende uiteenzetting.

### **Producten en kwaliteitsverloopmodellen**

Producten van agn. grarische herkomst (landbouw, tuinbouw) zijn als geoogst product vaak onderhevig aan toestandsveranderingen. In geval van voedingsmiddelen kan gesproken worden van ondermeer bederf, bv. lage-temperatuurbederf (zoals dat optreedt bij sommige soorten fruit), of microbiëelbederf (het optreden van oa. schimmels). Omdat echter niet alleen de voedingsmiddelen sector binnen het aandachtsveld valt, wordt gesproken van toestandsverloop in plaats van kwaliteitsverloop (bederf). In de "non-food" sector kan gedacht worden aan de pulp-papier-keten, waar door voorontsluiting van het vezelmateriaal (hout, hennep) een verandering in de toestand van de pulp-grondstof ontstaat, die moeilijk als bederf kan worden aangeduid, maar die wel een kwaliteitsaspect in zich heeft. In de snijbloemen kolom spelen oa. ethyleen en botrytis-aantasting (Hoogerwerf et al., 1986) een rol bij het kwaliteitsverloop, dat vaak wordt uitgedrukt in een reductie van het potentiële vaasleven. Genoemde veranderingen van de toestand, of indien voldoende ruim opgevat de kwaliteit, zorgen voor verzwaarde problematiek binnen de agrologistiek. De doorlooptijden in de ketens worden immers niet meer alleen economisch beschouwd (lange doorlooptijden, dus hoge rentekosten op omlopend vermogen), maar kunnen een al dan niet gewenst deel van het proces uitmaken (Saedt, 1989). In veel "vers-sectoren" zullen langere doorlooptijden vrijwel altijd verlies van kwaliteit betekenen, terwijl in andere sectoren een lange doorlooptijd een eis, (denk aan de productie van kaas), dan wel een te benutten vrijheidsgraad is, (bv. microbiële voorontsluiting van vezelmateriaal tijdens het inkuilproces in de mogelijke hennep-papier keten).

Producten uit bovengenoemde categorieën behoeven dus grote aandacht zolang ze als "vers" (dus gevoelig voor de omringende milieucondities) door de keten gaan. Deze aandacht uit zich in de noodzaak de goederenstroom te beheersen, hetgeen opgevat kan worden als een logistiek probleem. Dit houdt in, dat op het juiste moment de correcte beslissingen dienen te worden genomen betreffende opslag, transport, en be- en verwerking van de producten. De beslissingen kunnen alleen worden genomen indien voldoende informatie voorhanden is, of beschikbaar kan worden gemaakt.

Hierbij kan in eerste instantie gedacht worden aan informatie die ontstaat uit experimenteel verkregen gegevens. Vervolgens kan de wens ontstaan om de inzichten die verkregen zijn op basis van deze data overdraagbaar te maken. Zo kan, indien nodig, via statistische analyse inzicht worden verkregen in bepaalde, voor het doel interessante, relaties. Nadeel van deze beschrijvende modellen is de beperkte geldigheid. Buiten het door gegevens onder-

steunde toetsgebied is namelijk nauwelijks zicht op de toepasbaarheid van genoemd model.

Slechts indien meer onderliggende, voor veranderingen in de toestand verantwoordelijke, processen onderzocht worden, ontstaat een minder experimenteel gevoelig model. Modellen die deze onderliggende processen gebruiken om inzicht te verkrijgen zouden verklarende modellen genoemd kunnen worden. Hierbij kan oa. gedacht worden aan onderzoek naar de aard van processen die verantwoordelijk zijn voor de bruinkleuring bij champignons (polyphenoloxidasen), of het melig worden van appels (Tijskens, 1989), of de delignificatie van hennepvezels als stap binnen het hennep-verpulpingsproces. Indien de meer fundamentele mechanismen onderzocht en gemodelleerd worden ontstaan mogelijk breder inzetbare gereedschappen.

In de praktijk is de grens tussen beschrijvend en verklaarend niet zo scherp als hier beschreven, en bovendien zal een combinatie van beide gewenst zijn. Binnen het agrologistieke onderzoek is er behoefte aan kwaliteitsverloopmodellen waarmee, afhankelijk van inrichting en besturing van de processen in een keten, het complex van kwaliteitseigenschappen wordt voorspeld. De totale kwaliteit kan vervolgens worden vergeleken met de gewenste kwaliteitstoestand. De geconstateerde afwijkingen kunnen dan samen met andere indicatoren (bv. financiële, logistieke of marketing factoren) aanleiding zijn tot heroverweging van de structuur van de betreffende keten, of aanpassing van de besturing van een vastliggende ketenarchitectuur tot gevolg hebben.

Bij het ontwikkelen van kwaliteitsverloopmodellen zoals eerder beschreven zullen bepaalde denkwijzen, redeneermechanismen en data meervoudig inzetbaar zijn. Om te voorkomen dat de onderzoeksinspanning niet efficiënt is, wordt een kennisbank opgebouwd waarin technologische product- en procesgegevens voor de naoogstketen worden opgeslagen. Een dergelijke kennisbank kan het uitgangspunt zijn voor een expertsysteem dat behulpzaam kan zijn bij de bouw van decision support systemen.

### **Integrale goederenstroombeheersing**

In de agribusiness zijn vele verschillende typen afzetketens te onderscheiden. De verschillen tussen die bedrijfskolommen kunnen zeer groot zijn. Toch hebben veel bedrijfskolommen ook opvallende overeenkomsten. Zo is er vaak sprake van primaire voortbrenging: de teeltfase, producten worden vervolgens geoogst, bewaard en of getransporteerd, dan vinden enige be- en verwerkingsstappen plaats, waarna verpakking en distributie de keten sluiten. Vanzelfsprekend is dit een sterk vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Immers, in de aardappel- en champignonafzetketen gelden andere criteria voor goed ketenmanagement dan voor snijbloemen of bv. hardfruit. Toch zal in de loop van dit artikel blijken dat het de moeite loont de overeenkomsten te gebruiken.

Een belangrijk aspect van IGB is de filosofie dat het optimum van een systeem van interacterende componenten (schakels, processen), meer kan zijn dan de samenstelling van optimaal gestuurde componenten. Immers een

optimale schakel kan zijn voorgaande of volgende schakels lelijk in de weg zitten.

Verpakking is hier een voorbeeld van. Door vele gevoerde verpakkingsmaten en typen die meestal een lokale (schakelgeoriënteerde) functie bezitten, hebben bepaalde sectoren (bv. snijbloemenhandel, of grootwinkelbedrijven) een duidelijk logistiek- en milieuprobleem. In een andere situatie moeten door geoptimaliseerde teeltsystemen, gericht op opbrengstmaximalisatie, volgende schakels anticiperen op residuen (bv. bestrijdingsmiddelen), of incurante bijproducten (mest).

Zonder nu direct de BV Nederland te willen optimaliseren zal het duidelijk zijn dat meer onderlinge afstemming in de verschillende afzetketens zeer positieve gevolgen kan hebben voor de concurrentiekracht.

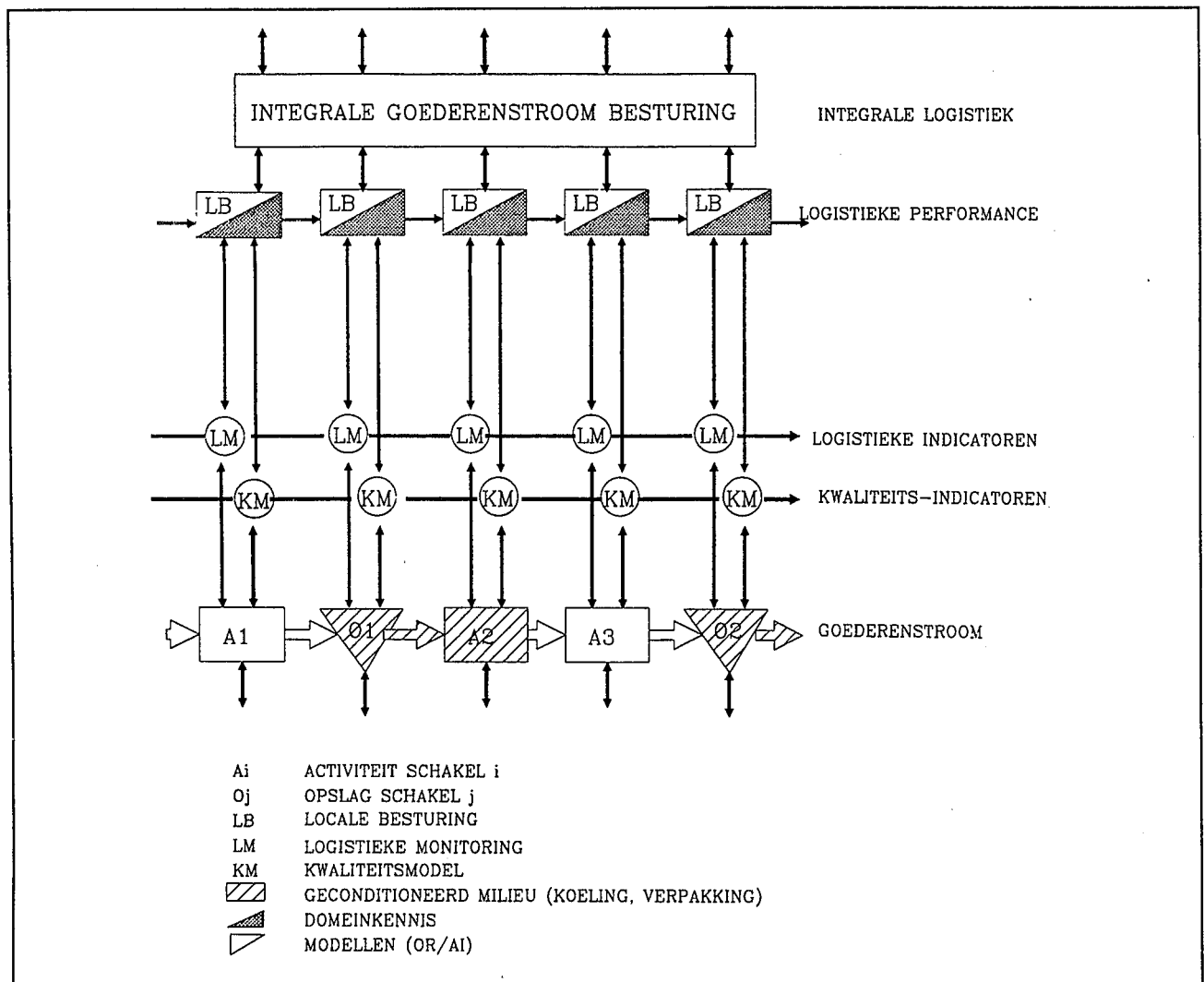
Vaak wordt te makkelijk gedacht over het begrip ketenoptimalisatie. Immers in genoemde voorbeelden zullen de teler van bloemen, de veiling, de exporteur en de consument soms gedeeltelijk strijdige belangen hebben. Als de oogst en bewaring (loonwerk, loonkoelen) uitgevoerd wordt door andere eigenaren dan de verwerkers (bijv. snackfabrikanten), zoals soms in de aardappel afzetketen, dan is het niet direct voor de hand liggend dat alle partijen interesse hebben bij een "geoptimaliseerde" keten. Zal de teler bereid zijn risico te importeren binnen zijn

bedrijf ten faveure van de verwerker omdat uit ketenonderzoek blijkt dat dit voor de consument positief is? Zeer waarschijnlijk zullen schakels in de keten alleen geïnteresseerd zijn als het "ketenvoordeel" ook de individuele schakels ten goede komt. Inzicht in de eigendomsstructuren binnen een keten is dus een voorwaarde voor effectieve ketenverbetering.

Niet altijd zal de situatie deze complexiteit bezitten. Bepaalde sectoren kennen een hoge mate van organisatie op basis van een coöperatieve structuur, of in andere gevallen is de eigendomsstructuur door verticale integratie vereenvoudigd (Buzzel, 1983). In deze situaties zijn de belangen van bijv. de telers en de verwerkers, of van de verwerkers en de exporteurs duidelijk verbonden, en laat dit deel van de afzetketen zich integraal optimaliseren.

Door gebruik te maken van gereedschappen als simulatie wordt getracht inzicht te verkrijgen in de relatie tussen performance van een keten enerzijds, en de structuur en besturing anderzijds. Op deze manier kunnen mogelijke scenario's, nieuwe besturingsconcepten, verbeterde technieken en procesvoering, of alternatieve architecturen onderzocht worden.

Met name het gedrag van een keten, of delen daarvan, als gevolg van ingrijpen (door management), of storingen (door omgeving) kan interessant zijn bij besluitvorming op



Figuur 1: Agrologistiek onderzoek.

zowel operationeel niveau als ook bij beleidsbeslissingen. Binnen de afdeling A&T zijn enkele IGB projecten gedefiniëerd die gedeeltelijk in samenwerking met het relevante bedrijfsleven worden uitgevoerd. Sommige van deze projecten hebben een zeer innovatief karakter daar zowel product, proces als mogelijke keten nog in de onderzoeksfase verkeren. Voorbeeld hiervan is de A&T bijdrage binnen het DLO-LUW project "Hennep". Andere projecten zijn verspreid op de as van operationele optimalisatie (besturing) tot strategische toetsing van beleidsvarianten.

### **Integratie van techniek en logistiek**

In het bovenstaande is de belangrijke rol die kwaliteit speelt toegelicht. Door dit grote belang geven producenten veel aandacht aan het behoud van de kwaliteit van het product tijdens de gang door de afzetketen. Om het kwaliteitsverloop van (verse) producten te beheersen zijn een groot aantal middelen beschikbaar. Op lange termijn zijn de mogelijkheden die ingrijpen op het product interessant (bijv. via veredeling). Deze methoden kunnen richten zich op het verminderen van bepaalde gevoeligheden van het product voor de omgevingscondities. Vanuit een andere optiek zijn ook veel technische mogelijkheden ontwikkeld. Met name het conditioneren (figuur 1) van macro- en micromilieu rond het product is van belang. Koelen, drogen, verpakken, of speciale opgelegde gassamenstellingen zijn alle toepasbaar voor de vertraging van het proces van kwaliteitsverloop.

Meestal wordt de aandacht geconcentreerd op de vraag hoe bijvoorbeeld een koelinstallatie moet worden gedimensioneerd en geregeld. De vraag of er een installatie moet komen is van een andere orde, daar voor het beantwoorden van die vraag kennis nodig is van het totale traject dat in de afzetketen wordt afgelegd. Indien bederfelijke goederen anders worden geladen (bijv. mixed-loads), en door een betere routing blootgesteld worden aan kortere transporttijden, dan kan dit van grote invloed zijn op de specificaties van de benodigde transportkoeler. Anderzijds kan door soms directe inzet van technische hulpmiddelen een bepaalde flessehals in de goederenstroom eenvoudig worden weggenomen waardoor de planning sterk vereenvoudigd kan worden. Techniek en logistiek vullen elkaar dus aan, anders gezegd: er is een directe relatie tussen de beheersing van de goederenstroom en de benodigde inzet van technische middelen. Binnen het ATO-A&T wordt aandacht besteed aan de relatie van techniek en logistiek in de vorm van een onderzoeksthema waarbinnen diverse projecten zijn gedefiniëerd.

### **Operations research en kunstmatige intelligentie**

Het vakgebied operations research (OR) is aan constante veranderingen onderhevig. Een deel van deze uitbreidingen (of ook verschuivingen) komt voort uit veranderende markteisen, een deel komt voort uit nieuwe (technische) mogelijkheden en inzichten. Zo is er een verschuiving te constateren van het zoeken naar "optimale" oplossingen in de richting van "bevredigende" oplossingen (Liebowitz, 1988). Verder is er een ontwikkeling te signaleren in het gebruik van DSS door hoger management (Simon, 1987). De door het hoger management te nemen

beslissingen hebben een andere, meer strategische, aard dan operationele problemen en vragen om een aangepaste ondersteuning.

In de voorgaande paragrafen zijn een aantal problemen beschreven van uiteenlopende aard. Het blijkt dat aspecten van inkoopplanning, voorraadbeheersing, budgettering, kwaliteitsverloopmodellering, keteninrichting, sequentie-bepaling voor verpakkingsmachines, zich voordoen binnen het veld van de agrologistiek. Het oplossen van dit type problemen bestaat vaak uit het zoeken van een optimale weg in een zeer grote toestandsruimte. Uit een zeer groot aantal (discrete) oplossingen dient de juiste te worden gekozen. Soms is via complete enumeratie de beste oplossing te vinden, nadeel is dat het aantal mogelijkheden snel kan toenemen met de dimensie van het probleem. Ter vergelijking, een handelsreizigerprobleem (vaak gehanteerd als referentieprobleem) met 100 steden geeft al  $10^{158}$  (een computer die 1012 alternatieve routes per seconde evalueert rekent dan nog altijd ruim 31000 jaar) mogelijke routes. Het is dus noodzakelijk om "slimme" methoden te bedenken voor het zoeken naar goede oplossingen.

Het snel uitbreiden van de zoekruimte, ook wel combinatorische explosie genoemd, blijkt een moeilijk beheersbaar probleem te zijn (Glover, Greenberg, 1989). Dit gevoegd bij de marktbehoefte naar "bevredigende" oplossingen geeft aan dat het opportuun kan zijn om te zoeken naar oplossingsmethoden waarin de kennis betreffende het toepassingsveld (domeinkennis) ingezet wordt om de meer mathematische modellering a) beter te laten aansluiten op de praktijk, en b) de te genereren oplossing sneller te realiseren, door beperking van de te doorlopen zoekruimte. Deze zogenaamde zogenaamde kunstmatige intelligentie (AI) wordt wel gezien als het vakgebied dat zich bezig houdt met het verbeteren van de prestaties van computers op terreinen waar nu mensen nog het beste zijn (Rich, 1988). Dus door kennis van experts, oa. van fysiologen in mbt. productkwaliteit, van procesingenieurs met kennis van papierproductie, of van bijv. materials managers gespecialiseerd in productiescheduling, in te zetten in "intelligente" zoekstrategieën, ontstaan beslissing ondersteunende systemen die in bepaalde situaties effectiever en efficiënter kunnen functioneren. De combinatie van kunstmatige intelligentie (AI) en OR kan zich verder uitbreiden in betere user-interfaces, of geavanceerde heuristieken (Fordyce et al., 1987). Binnen de afdeling A&T wordt in het kader van het thema hybride decision support systems (HDSS) onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van integratie van OR en AI in het toepassingsveld agrologistiek.

### **De rol van de informatietechnologie**

Naast de goederenstroom (value added flow), speelt ook de informatiestroom (requirements information flow) een belangrijke rol (Bowersox, 1986). Binnen het A&T thema "perfecte informatie in de agribusiness" (PIA) is de aandacht gericht op verbeteringen in de informatiestromen, en de effecten daarvan op de goederenstromen. Nieuwe waarnemingsmethoden kunnen ertoe leiden dat de informatievoorziening uitvoeriger en/of sneller en/of be-

trouwbaarder plaats vindt. De inzet van telematica bij de afzet van verse groenten (tele-veilen), sampling technieken bij houtproductie, of remote sensing technieken bij de contractteelt voor de verwerkende industrieën zijn alle voorbeelden van probleemvelden waar meer accurate informatie de kwaliteit van de besluitvorming kan doen toenemen. Verder kunnen nieuwe planningsmethoden leiden tot betere benutting van reeds beschikbare informatie (informatieveredeling).

Zowel voor individuele ondernemingen als voor een totale keten geldt bij invoering van een informatieverbetering als één van de belangrijkste vragen: Wat is per saldo de waarde van de beoogde verbetering in de informatievoorziening.

### Agrologistiek In Wageningen

Naast de in dit artikel beschreven activiteiten van het ATO wordt binnen en buiten DLO aandacht besteed aan agrologistiek. Binnen de LUW vindt in het kader van het vf-project IGB onderzoek plaats dat gedragen wordt door een aantal vakgroepen met relevante expertise. Binnen DLO zijn meerdere onderzoeksinstituten actief op terreinen die direct en indirect te maken hebben met agrologistiek.

Het onderzoek aan agrologistiek kan een enorme invloed hebben op het denken binnen de agribusiness, en binnen de research-omgevingen. Het zal duidelijk zijn dat "Wageningen" gebaat is bij een bundeling van de aanwezige krachten, om op die manier de opgebouwde expertise te behouden, en verder uit te bouwen.

### Literatuur

Bowersox, D.J., D.J. Closs, O.K. Helfferich, 1986, *Logistical management- A systems integration of physical distribution, Manufacturing support, and materials procurement*. Macmillan Publishing Company, third edition.

Buzzel, R.D., 1983, *Is vertical integration profitable*, Harvard business review, vol. 1, p. 92-102.

Fordyce, K. et al., 1987, *Artificial intelligence and the management science practitioner; links between operations research and expert systems*. Interfaces, 17:4, p. 34-40

Hoogerwerf, A.H. et al., 1986, *Snijbloemen, kwaliteitsbehoud in de afzetketen*. Sprengerinstituut.

Glover, F. & Greenberg, H., 1989, *New approaches for heuristic search: a bilateral linkage with artificial intelligence*. EJOR 39 (1989), p. 119-130.

Liebowitz, J., 1988, *Beyond decision support systems: The role of operations research in expert systems*. Computers Industrial Engineering, vol. 14, no. 4, p. 415-418.

Rich, E., 1988, *Artificial intelligence*. McGraw Hill.

Saedt, A.P.H., 1989, *Agrologistiek en kwaliteitsvoorspelling in naaogstketens*. VMT, 11 mei 1989, no. 10, p. 57-59.

Simon, H., 1987, *Two heads are better than one: the collaboration between OR and AI*. Interfaces 17:4, p. 8-15.

Tijskens, P., 1989, *Personal communication*. □

---

Dr. ir. M. P. Reinders is hoofd van de afdeling Agrologistiek en Techniek van het ATO, Haagsteeg 6, Postbus 17, 6700 AA Wageningen, tel. 08370-19013.