



# Kennispositiestudie 'Sensoren'

**Eindrapport Sensorensymposium**

**Uitgevoerd door DLV Plant BV / TNO TPW/ Productschap Tuinbouw**

**Projectperiode december 2003 tot en met mei 2004**

## Samenvatting

De Federatie Agrotechniek te Nieuwegein is een koepelorganisatie voor brancheorganisaties uit de technische industrie, gericht op de sectoren Land- en Tuinbouwwerktuigen, Bedrijfsuitrusting en Tuin- en Parkmachines. De Federatie vertegenwoordigt circa 1200 bedrijven met in totaal 11.500 werknemers.

De laatste jaren heeft het gebruik van meet- en regelsystemen een grote vlucht genomen. Sensoren zullen daarbij een steeds belangrijkere rol gaan vervullen. Zij zijn verbindende factoren om te lezen en te sturen op afstand. Geïntegreerd in producten, processen en diensten en of off-line kunnen zij meer en intelligenter meten.

Dit kan dan leiden tot gesloten, intelligente systemen die waarnemen (sense), gegevens verwerken en vergelijken (proces), eventueel actuators coördineren en aansturen (control), het resultaat bekijken (feedback) en tonen (display). Deze systemen vragen om goede afstemming tussen partijen in zowel de horizontale als verticale keten.

DLV Plant BV, TNO TPW en Productschap Tuinbouw hebben samen met de FA een kennispositiestudie uitgevoerd naar de mogelijkheden van nieuwe sensortechnologie in toepassingen binnen producten, processen en diensten van hun brancheleden, met als speerpunt de glastuinbouw. Met als voorwaarde branchebrede toepasbaarheid van de studieresultaten.

De studie is uitgevoerd in vier fasen: voorstudie, symposium, analyse en tot slot een rapportage en verspreiding van de bevindingen.

Er is zeer veel kennis over bestaande sensorentechniek voorhanden. Voor de studie naar sensoren is gekozen voor een zo breed mogelijke dekking van de verwachte sensorenbehoeften in de praktijk. Er wordt verwacht dat de volgende sensortechnieken een goed perspectief bieden op verbetering van de concurrentiepositie van de brancheleden en hun klanten: de Nederlandse land- en (glas)tuinbouw. Deze nader zijn onderzocht tijdens het symposium en de studie.

- Ø Biologische sensoren
- Ø Verpakkingssensoren
- Ø Genomics
- Ø Infraroodsensoren en visualisatie
- Ø Phytomonitoringssensoren
- Ø Gassensoren.

Om alle partijen bijeen te brengen voor het vaststellen van de kennispositie aan de hand van de workshops en discussies tijdens is een symposium georganiseerd. Na voorstudie, symposium, en studie kan de volgende analyse over de kennispositie van sensoren worden gemaakt:

- Ø Er is volop behoefte tot vernieuwing, gezien de diverse ontwikkelingen waarin de land -en tuinbouwsector zich bevindt, waaronder minder ondernemingen, schaalvergroting, kwaliteitsverbetering, ketenvorming, internationalisatie en kostprijsverlaging. Deze trends vormen de basis voor nieuwe, creatieve, concrete brede oplossingen, ofwel gebruikersconcepten.

- Ø Er blijkt ontzettend veel kennis voorhanden te zijn; de toepassingsmogelijkheden van sensoren zijn nog niet uitgeput. Daarnaast wordt er nog steeds onderzoek gedaan naar sensoren, waardoor voortdurend nieuwe en verfijndere technieken op de markt komen.
- Ø De leden van de Federatie Agrotechniek (FA) en de tuinders richten zich in geringe mate op sensoren en sensortechnieken en het gebruik van sensoren in hun producten. Dit komt voornamelijk omdat ze weinig kennis bezitten over de nieuwste sensortechnieken en hun toepassingsmogelijkheden.
- Ø Huidig nieuw onderzoek naar sensoren en/of sensortechnologie lijkt slechts aanvullend te zijn op de bestaande kennis. Er is vanuit het onderzoek geen duidelijke visie op de behoefte aan sensoren en sensortechnologie in de praktijk in de toekomst.
- Ø Continue optimalisatie en verbetering van de processen in bedrijven en in ketens is mogelijk. Sensoren zijn uitmuntende schakels in geautomatiseerde managementprocessen.
- Ø Behalve in de tuinbouwbedrijven kunnen sensoren een verbindende rol spelen in ketens waarbij alle partijen voordeel kunnen hebben. Echter, er is geconcludeerd dat het begrip 'keten' nader gedefinieerd dient te worden. Ketens bestaan zolang de belangen van de betrokken partijen stroken en zijn in die zin gelegenheidsverbanden tussen verschillende schakels. Vastleggen door middel van afspraken blijkt moeilijk. Mogelijk geven juist sensoren meer ruimte van handelen. Door on-line, snel en betrouwbaar te kunnen werken met behulp van sensoren, ontstaan voortdurend ketenachtige netwerken die zich automatisch ontbinden of veranderen indien de markt hierom vraagt. Dus vraaggestuurde ketenactiviteiten met behulp van onder andere sensoren.
- Ø Voor de leden van de FA en de (glas)tuinders liggen er directe kansen om hun concurrentiepositie te verbeteren door inzet van kennis en techniek op gebied van sensoren bij hun klanten. Echter de informatie die de sensor levert moet aansluiten bij het concept van de gebruiker. Pas dan is sprake van een koppeling van vraag en aanbod.
- Ø Een gebruikersconcept voor een keten, hoe primitief ook, is vele malen lastiger te ontwikkelen [gezamenlijk probleem, visie, consensus, commitment] dan een gebruikersconcept voor één bedrijf of één schakel.
- Ø Er is concrete vraag naar sensortechnieken voor optimalisatie van productieprocessen, opslag van producten, verpakking en vervoersoptimalisatie, voor tracking & tracing en kwaliteitsbewaking. De producerende klanten willen jaarrond een betrouwbaar product van het gewenste kwaliteitsniveau op locatie kunnen leveren. Er is behoefte via sensortechniek metingen te verrichten om vast te stellen of er ongewenste micro-organismen aanwezig zijn
- Ø Uit de plenaire sessie kwam naar voren dat vitaal houden van bijvoorbeeld sierplanten tijdens het vervoer en alle handelingen die daarbij horen van groot commercieel belang is. Het ketendiep monitoren hiervan door middel van sensoren is wenselijk. Er zijn sterk wisselende condities in de keten.

Het vermijden van claims is op dit moment een belangrijk argument voor toepassing van sensoren in de keten.

- Ø Het is voor het vervoer en verhandeling van producten zoals bloemen van belang te starten met een vitale plant. Daardoor is ook monitoring van groeiomstandigheden van belang. Sensoren in tuinbouwtechnieken kunnen hierin een verbindende rol spelen. Te denken valt aan het integraal meten van licht, waterconditie, ziekte en plagen, EC en pH-getal. De levensduur van de sierplanten [en andere versproducten] bij de consument moet beter voorspelbaar worden.
- Ø Op gebied van kwaliteit, arbeid, energie en innovatieve technieken die hiermee te maken hebben, kunnen sensoren een rol spelen. Er zijn genoeg collectieve belangen.
- Ø Sensoren spelen een onmisbaar onderdeel in volledig geautomatiseerde teelten. Data die zo verworven worden met sensoren en gebruikt worden als managementinformatie zullen leiden tot betere rendementen.
- Ø Sensorontwikkelaars geven aan dat binnen een jaar op basis van bestaande kennis en sensortechnologie de meeste vraag naar producten met daarin sensoren of combinaties hiervan leverbaar zijn. Onderzoek en ontwikkeling van een nieuwe sensortechnologie neemt ongeveer 15 jaar in beslag.
- Ø Er is kennis en er zijn sensoren en toepassingen beschikbaar. Er is behoefte aan sensoren bij de tuinders. Een probleem voor verdere toepassing is echter onvoldoende doorstroom en verspreiding van aanwezige kennis. Kennis en toepassing vinden elkaar onvoldoende. Toepassing van sensoren kunnen de koppositie van bijv. de Nederlandse glastuinbouw versterken, maar andersom kan de vraag vanuit die sector de technologische ontwikkeling een eigen dynamiek geven. Om deze (wederzijdse) dynamiek tot stand te brengen is verdere verspreiding en doorstroom van kennis essentieel

## Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>1- Aanleiding tot de kennispositiestudie</b>	<b>7</b>
<b>2 - Ontwikkelingen op het gebied van sensorentechniek</b>	<b>8</b>
2.1 Zes soorten sensortechniek	8
<b>3 - Enquête onder de leden FA en tuinders</b>	<b>13</b>
<b>4 - Het Sensorensymposium</b>	<b>15</b>
4.1-Workshop 1: Biologische en Bio-sensoren	16
4.2-Workshop 2: Verpakkingsensoren	19
4.3- Workshop 3: Genomics	22
4.4- Workshop 4: Gassensoren	23
4.5- Workshop 5: Infrarood sensoren	24
4.6 -Workshop 6: Phythomonitoring	25
<b>5- Plenaire sessie Sensorensymposium</b>	<b>28</b>
5.1- Presentatie senario's	28
5.2- Discussie	31
<b>7- Conclusies en hoofdpunten kennispositie</b>	<b>34</b>
<b>8- Activiteitenplan</b>	<b>37</b>



## Inleiding

De Brancheorganisatie Federatie Agrotechniek (FA) en het Productschap Tuinbouw stellen veel in het werk zich goed op de hoogte te houden over de stand van de techniek en de behoeften in de markt. De leden van de FA en de tuinders willen hun concurrentiepositie behouden en versterken. Daarom is het belangrijk om goed te weten wat de ontwikkelingen zijn in de markt en op welke markt zij zich (willen) richten.

Zo heeft de laatste jaren het gebruik van meet- en regelsystemen een grote vlucht genomen. Sensoren lijken hierin een verbindende rol te gaan spelen.

De FA en het PT hebben het initiatief genomen tot het laten uitvoeren van een kennispositieproject over sensoren. De mogelijkheden van sensortechnologie in toepassingen binnen producten, processen en diensten zijn in hiermee in kaart gebracht. De branche organisatie kan hiermee helpen de concurrentiepositie van ondernemers in de branche te versterken.

Het kennispositieproject is uitgevoerd in vier fasen: voorstudie, symposium, studie, analyse en tot slot een rapportage en wijze van verspreiding van de bevindingen. Dit rapport is het eindverslag van de kennispositiestudie over nieuwe sensorentechnieken.

## 1- Aanleiding tot de kennispositiestudie.

### Achtergrond

De Federatie Agrotechniek is een koepelorganisatie waarbij alle brancheorganisaties van de technische industrie in de sectoren Land- en Tuinbouwwerktuigen, Bedrijfsuitrusting, en Tuin- en Parkmachines zijn aangesloten. Zij vertegenwoordigt ca. 1200 bedrijven met in totaal 11.500 werknemers. De leden van de sectie glastuinbouw leveren technologische toepassingen voor het (glas)tuinbouw, waaronder sensoren en toepassingen daarvan.

De tuinbouwsector waarin zij hun producten afzetten is een sector die zich continu vernieuwt en, vooral in Nederland, leunt op een technologische voorsprong. De Federatie Agrotechniek en Productschap Tuinbouw stellen daarom veel in het werk zich goed op de hoogte te houden van de stand der techniek en de behoeften bij hun klanten. De Federatie Agrotechniek en het productschap Tuinbouw, in samenwerking met hun leden hebben daarom het initiatief genomen tot het organiseren van een kennispositieproject betreffende sensoren voor de Tuinbouw.

### Probleemstelling

De Nederlandse tuinbouw is een zeer innovatieve sector die open staat voor vernieuwing en steeds meer wordt vergeleken met een industrie met al haar technologische toepassingen en managementsystemen. Zo heeft de laatste jaren het gebruik van meet- en regelsystemen een grote vlucht genomen. Metingen in de voedingsoplossing (pH, EC) en omgeving (temp) zijn al jaren gemeengoed, sinds enkele jaren doen ook steeds meer metingen van bijvoorbeeld watergehalte in het substraat en metingen aan de planten zelf hun opwachting.

De ontwikkeling van nieuwe en meer sensoren vraagt dan ook meer en meer om geïntegreerde systemen. Dit kan dan leiden tot gesloten, intelligente systemen die waarnemen (sense), gegevens verwerken en vergelijken (proces), eventueel actuatoren coördineren en aansturen (control), het resultaat bekijken (feedback) en tonen (display) (Schwippert, 2002). Deze systemen vragen om goede afstemming tussen partijen in zowel de horizontale als verticale keten

Een waarneembare trend in sensoriek is dat lezen sturen op afstand een steeds grotere rol gaat spelen. Dit vraagt om verdere integratie en ontwikkeling van diverse systemen en sensoren.

Een belangrijk aspect is ook de kennis die er moet zijn betreffende de interpreteerbaarheid van een of wellicht meerdere verschillende 'gekoppelde' meetresultaten. Immers er kan wel wat worden gemeten maar weten we dan hoe dat in het totale bedrijfsmanagementsysteem kan worden geplaatst. Hierbij spelen ook weer meerder elementen een rol. Er wordt gewerkt met levend materiaal dat wordt beïnvloed door variabele teeltomstandigheden als ziekten en plagen, bemesting, licht, water, personeel e.d.. Hoe reageert de sensor hierop en reageert deze op de juiste wijze? Ook de grootte die met een sensor wordt gemeten, en meetonzekerheden een belangrijke rol

De trend tot meer en intelligenter meten is algemeen merkbaar. In vrijwel alle sectoren (medisch, verpakkingstechnologie, etc.) worden sensoren en meetprincipes ontwikkeld. Deze sensoren kunnen vaak een goede toepassing vinden voor andere doeleinden, in andere sectoren, mits hun bestaan daar bekend is. Maar ook als het bestaan van bepaalde sensoren bekend is, zijn er nog diverse factoren die de invoering ervan kunnen belemmeren. Deze factoren liggen op verschillend vlak:

- Ø Gevoel (rationeel of zonder ervaring van de sensor of sector)
- Ø De markt, het aanbod, financieel rendement
- Ø De mogelijkheden tot het (laten) ontwikkelen
- Ø De patentsituatie
- Ø Kennis
- Ø Patroondenken
- Ø Historie

Al met al neemt het aanbod vanuit de fundamentele technologieontwikkeling per jaar toe, bij universiteiten en kennisinstellingen wordt voor velerlei toepassing nieuwe technologie ontwikkeld. De branche (de technische industrie t.b.v. (glas)tuinbouwbedrijven) houdt zich hiervan zo goed mogelijk op de hoogte. De ontwikkelingen in het gebied van meet en regel techniek (m.n. sensoren) gaan echter zo snel, en komen uit zo een diverse hoek, dat een goede bepaling van de kennispositie hier nauwelijks meer mogelijk is. Dit is ook andersom beredeneerd waar: informatie over mogelijke behoeften in de tuinbouwsector bereikt maar een klein deel van de wetenschappers, waarna de vraag verder wordt gefilterd. Voor er daadwerkelijk wetenschappelijk actie op wordt genomen is vaak een lange weg, of gebeurt gewoon niet.

Om deze redenen heeft de Federatie Agrotechniek ism Productschap Tuinbouw aan vertegenwoordigers van enerzijds de techniek (TNO) en anderzijds de afnemers (DLV Plant BV) gevraagd een project op te starten met als doel zicht te krijgen op de bestaande kennispositie op het gebied van sensoren.

### Motivering

Een goed overzicht te krijgen van de sensor-technologieën die bestaan bij de diverse kennisinstellingen in Nederland en de koppeling te kunnen maken naar de behoeften bij de klanten in de keten. Hiertoe is besloten tot het opzetten van en uitvoering van een kennispositieproject. Het betreft een studie uitgevoerd in vier fasen. Eerst een voorstudie en hierna een symposium met workshops en discussies. Hierna het vaststellen van de kennispositie en daarna rapportage en verspreiding van de bevindingen. Het symposium en workshops waar de gehele keten (van universitaire onderzoeker, via kennisinstellingen, de technische industrie tot de gebruiker), elkaar ontmoeten is kennis uitgewisseld. De workshops zijn gericht enerzijds op 6 verschillende typen sensortechnologie, waarbij het nut in de gehele keten (van primaire agro tot retail) is overwogen.

Tijdens het eerste deel van dit kennispositieproject, de kennisstudie, is gebleken dat er zeer veel kennis over bestaande sensorentechniek voorhanden is. Echter er blijken ook nog onderzoeksvragen te liggen en er zijn een aantal zaken in onderzoek. Zoveel kennis dat er gezien de tijd en omvang van het project een aantal keuzes gemaakt dienden te worden ten aanzien van de kennispositiebepaling. Er is tijdens overlegsessies met de FA en PT beoordeeld welke bestaande sensortechnieken prioriteit hebben en het meest relevant zijn om de concurrentiepositie van de leden te verbeteren. Er is gekozen voor een zo breed mogelijke dekking van de verwachte behoeften op basis van expertise van de verschillende leden van de projectgroep.

Er wordt verwacht dat de volgende technieken goed perspectief bieden op verbetering van de concurrentiepositie; Het gaat dan om de laatste ontwikkelingen op gebied van Biologische sensoren, Verpakkingssensoren, Genomics, Infaroodsensoren en visualisatie, Phytomonitoringssensoren en Gassensoren.

Hierna is door studie vastgesteld wat exact de aanwezige kennis is en wat de beschikbare kennis is. De kennispositie is hiermee bepaald. Ook is duidelijk



geworden welke groepen bezig zijn met ontwikkelingen op dit gebied. Daarnaast hebben de onderzoekers en wetenschappers op hun beurt een idee gekregen van de mogelijke toepassingen die in de praktijk van de brancheleden en tuinders te vinden zijn, zodat ook ideeën die nog geen ontwikkeling vinden bij gebrek aan mogelijke toepassingsrichting kunnen ontkiemen.

Om de kenniskloof te overbruggen is een van meest haalbare oplossingsrichtingen een gerichte verspreiding van de kennis door het organiseren en uitvoeren van een kennisverspreidingsproject gebleken.

### Resultaten

De te bereiken doelgroepen waren alle brancheorganisaties van de technische industrie in de sectoren Land- en Tuinbouwwerktuigen, Bedrijfsuitrusting, en Tuin- en Parkmachines die zijn aangesloten. Zij vertegenwoordigt ca. 1200 bedrijven met in totaal 11.500 werknemers. En de onderzoeksinstituten en vertegenwoordigers van de (glas)tuinders die iets kunnen betekenen voor de branche.

Het geheel heeft geresulteerd in dit schriftelijk rapport waarin aan de orde komen:

- Ø De technologiepositie op de verschillende genoemde gebieden in Nederland en zo mogelijk daarbuiten
- Ø Een samenvatting van de technologiebehoeften vanuit de klanten zoals die in de workshops naar voren zijn gekomen.
- Ø Een overzicht van de huidige beschikbare technologieën.
- Ø Een overzicht van de onderzoeksgroepen waar deze technologie wordt ontwikkeld
- Ø Een globale scan van wat de belemmeringen eventueel kunnen zijn om (bestaande) nieuwe systemen tot een commercieel interessant product te laten worden. Belemmeringen kunnen gebrek aan kennis zijn maar ook de organisatorische inpasbaarheid of kunnen in de sfeer van de inpassing in de bestaande techniek liggen. Ook een combinatie van deze factoren kan een rol spelen. Er kunnen ook onvoorziene belemmeringen optreden.

### Projectaanpak en uitvoering

Op basis van de voorstudie zijn een aantal onderzoekers benaderd om aan het symposium en de workshops deel te nemen. Tijdens de workshops hebben de "Willy Wortels" van de meet en regeltechniek, tuinbouwdeskundigen uit de gehele keten ontmoet. Dit om duidelijk te krijgen wat de stand van zaken is in de ontwikkeling van nieuwe technologieën, en of er nieuwe mogelijkheden zijn om die toe te passen. Daarnaast kregen de klanten van de branche: de kans om aan te geven of er behoefte is aan sensoren die nog niet bestaan

Na afloop van het symposium de workshops en op basis van het bediscussieerde de bevindingen in de voorafgaande survey en aanvullende informatie is een studie gemaakt van bestaande kennispositie op het gebied van sensortechnologie en de bestaande behoeften in de sector. Daar waar behoeften bestaan aan sensoren die nog niet in Nederland ontwikkeling zijn is alsnog, internationaal, gezocht worden naar partijen die deze kennis wel zouden kunnen bezitten.

Tot slot is aangegeven welke stappen moeten worden genomen om introductie van –voor deze sector- nieuwe technologieën bij de leden van de Federatie Agrotechniek (FA) en de tuinders te bewerkstelligen. Daarbij zal worden weergegeven welke drempels genomen moeten worden met, waar mogelijk, een oplossingsrichting.

### Expertise

Dit project is uitgevoerd door DLV Plant, TNO TPW en Productschap Tuinbouw in opdracht van en in samenwerking met de brancheorganisatie en het PT. DLV Plant heeft een goede kennis van de tuinbouwpraktijk en –techniek en de praktische technologische toepassingen in de gehele keten. Door het netwerk van adviseurs in alle geledingen van de sector weten zij als geen ander belangengroepen te identificeren en te enthousiasmeren. TNO TPW aan de andere kant heeft een zeer goed netwerk op het gebied van technologische innovaties, zowel op het niveau van de technologie in ontwikkeling voor toepassing, als voor de kennis beschikbaar in meer fundamentele ontwikkeling. De brancheorganisatie weet als geen ander wat van belang is voor haar leden op het gebied van commerciële haalbaarheid, aandachtsgebieden, etc. Zowel TNO TPW als DLV Plant is professioneel ingericht om dergelijke trajecten tot een succes te maken met voldoende aandacht voor de belanghebbende branchepartijen.

### Resultaatverspreiding na afloop

De resultaten van de workshop, surveys en studies zijn samengevat in dit schriftelijk rapport. Dit rapport wordt verspreid door de branchevereniging onder haar leden en niet leden en belangstellende (glas)tuinders. Zo nodig wordt een onkostenvergoeding hiervoor gevraagd. Daarnaast is en wordt aandacht aan de uitkomsten gegeven door publicaties in de vakpers van de branche en van de ondernemers in zowel de horizontale als verticale de in de keten.

### Fasering project

Het project is gestart in december 2003.

Dit kennispositieproject is in vier fases met go/ en no go momenten in iedere fase uitgevoerd conform het projectplan.

Tot slot is er een activiteitenplan opgesteld voor kennisverspreiding en mogelijke introductie van sensorentechniek in de branche.

Medio mei 2004 is het project voltooid.

Er zijn persberichten verzonden en ook hierna nog gaat de verspreiding van kennis door. De Federatie Agrotechniek stelt dit rapport tegen kostprijs beschikbaar en heeft een verkorte versie verzonden aan alle belanghebbenden.

## 2 - Ontwikkelingen op het gebied van sensorentechniek

De Federatie Agrotechniek (FA) en het Productschap Tuinbouw hebben aangegeven het van belang te vinden dat de ondernemers in de branche goed weten wat de ontwikkelingen zijn in hun markt. Ze denken dat verdere toepassing van sensorentechniek de tuinbouwsector ten goede zal komen en dat zij hiermee hun concurrentiepositie kunnen verbeteren.

Tijdens het eerste deel van dit kennispositieproject, de kennisstudie, is gebleken dat er zeer veel kennis over bestaande sensorentechniek voorhanden is. Echter er blijken ook nog onderzoeksvragen te liggen en er zijn een aantal zaken in onderzoek. Zoveel dat er gezien de tijd en omvang van het project een aantal keuzes gemaakt dienden te worden ten aanzien van de kennispositiebepaling. Er is tijdens overlegssessies met de FA/PT beoordeeld welke bestaande sensortechnieken prioriteit hebben en het meest relevant zijn om de concurrentiepositie van de leden te verbeteren. Er is gekozen voor een zo breed mogelijke dekking van de verwachte behoeften op basis van expertise van de verschillende leden van de projectgroep.

### 2.1- zes soorten sensortechnieken

Er wordt verwacht dat de volgende technieken goed perspectief bieden op verbetering van de concurrentiepositie; Het gaat dan om de laatste ontwikkelingen op gebied van Biologische sensoren, Verpakkingssensoren, Genomics, Infaroodsensoren en visualisatie, Phytomonitoringssensoren en Gassensoren.

#### Biologische en Bio-sensoren

Biologische en Bio-sensoren worden wel gezien als opmaat naar het chemische informatietijdperk. Biologische sensorsystemen gaat over de mogelijkheid om zien en ruiken te computeriseren. Zoals trainen van insecten en het koppelen van geurreceptoren van die insecten aan computerchips. In beide gevallen wordt een elektronisch signaal verkregen. Het trainen van insecten heeft logistieke beperkingen, maar kan snel worden gerealiseerd. Ruikende of proevende computerchips bieden fenomenale mogelijkheden.

Biomaterialen worden gebruikt voor datatransport, voor opslag van gegevens, als energiecellen en in schakelingen (transistors). Het belangrijkste punt hierbij is altijd de innovatie van de interface tussen biologische materialen en elektronica. Een belangrijke nieuwe ontwikkeling is de bionanotechnologie. Deze technologie maakt het mogelijk om zeer kleine utragevoelige sensoren te maken. De kosten van dergelijke sensoren kunnen, bij de productie van grote aantallen, heel laag zijn terwijl de specificiteit door toepassing van biologische receptoren heel hoog is. In de toekomst zullen de eindafnemer en de keten naar de consument daardoor over veel meer informatie kunnen beschikken om de productie en kwaliteit te volgen. De verwachting is dat de ontwikkelde producten van deze technologie het komende decenium hun toepassingen zullen vinden.

#### Verpakkingssensoren

Bederfelijke producten zoals bijvoorbeeld groenten, fruit en bloemen zijn beperkt houdbaar. De verpakking vormt het "vehikel" waarin deze producten worden vervoerd. De verpakking is echter geen ziekenhuis, oftewel producten komen niet beter uit de verpakking dan dat zij daarin zijn gegaan (iets wat bij voorkeur een patiënt wel overkomt). Het is daarom interessant de mogelijkheden te onderzoeken om productkwaliteit zo goed mogelijk te beheersen met behulp van verpakkingssensoren.

Wanneer we sensoren toevoegen aan de verpakking, kunnen we omgevingscondities (bijvoorbeeld temperatuur, vochtigheid) meten die een voorspellende waarde hebben voor de productkwaliteit. Tijd-Temperatuur Indicatoren (TTI), Dataloggers, Radio Frequentie Identificatie).

### Genomics

Het gemomicstijdperk waarin we nu leven levert een enorme hoeveelheid nieuwe informatie op over de organisatie van het erfelijk materiaal van een aantal organismen. Niet alleen het erfelijk DNA-materiaal is in kaart gebracht, maar ook de actieve genen en eiwitten. In de het plantenveld zijn al enorm veel datasets verkregen en dit gaat nog steeds door. Door analyse van RNA-profilering en proteomics is het mogelijk om een verscheidenheid aan problemen aan te pakken. Door expressie te combineren met biologische parameters wordt het mogelijk om bio-markers te identificeren. Deze bio-markers kunnen vervolgens gebruikt worden om in diagnostische tests antwoord te geven op specifieke vragen over bijvoorbeeld productkwaliteit. Hiermee is het mogelijk om 'tracing & tracking' te implementeren en op die manier opslag en transport condities te optimaliseren. Kwaliteit wordt doorgaans beïnvloed door een combinatie van interne en externe factoren. Elk van deze factoren kan gemonitord worden door zijn eigen set markers.

### Infraroodsensoren en visualisatie

Infraroodsensoren kunnen via thermische beeldvorming fungeren als monitoringsysteem bij bijvoorbeeld de groei van planten. Plantenresponsen op stress-situaties kunnen worden gevisualiseerd. Het combineren van thermische beeldvorming met andere imagingsystemen zoals chlorofyl fluoresentie imaging biedt mogelijkheden voor het visualiseren van de 'gezondheidstoestand' van planten.

### Phythomonitoringssensoren

Door inzet van combinaties van sensoren en verdere automatisering kunnen teeltprocessen beter beheersbaar worden gemaakt. Phythomonitoring is het met behulp van sensoren en computerprogramma's voortdurend metingen verrichten op en rond de plant. De metingen worden verricht door integratie en koppeling van CO<sub>2</sub> sensoren, temperatuursensoren, infrarood en PAR om de lichtdoorval te meten. Ook sensoren voor meting van het EC gehalte, substraattemperatuur, stengeldikte, sapstroom en RH worden geïntegreerd. De sensoren worden gekoppeld met de klimaatcomputer. Voortdurend worden rendementberekeningen gemaakt en wordt er automatisch bijgestuurd. Alle gegevens kunnen via een databank worden opgevraagd en automatisch verwerkt tot management informatie.

### Gassensoren

Met gassensoren kan bewaking plaatsvinden in productie en (food)bewaring. Het gaat dan om bewaking van de luchtkwaliteit, de gasfactor in water/voedings milieu, de gasfactor in wortelmilieu en de gasfactor in het bewaarmilieu. Van belang is dat gassen als CO<sub>2</sub>, Etheen, NO<sub>x</sub>, zuurstof en de luchtvochtigheid gemeten kunnen worden. Dit is mogelijk met opto-chemische sensoren direct via bijvoorbeeld kleurmeting of doormiddel van een specifieke coating of toevoeging. Onder te verdelen in non-invasieve waarbij een totaalbeeld wordt gemeten en invasieve methode waarbij dieper wordt geanalyseerd. Op basis van katalytische, electrochemische, paramagnetische en optical zuurstofmeetprincipes zijn zuurstof



verbruikende en niet zuurstofverbruikende sensoren ontwikkeld waarmee afhankelijk van de sensor of non-invasief of invasief kan worden gemeten.

### 3 – Enquête

Op basis van expertise van de teamleden en wensen van de FA en PT is gekozen voor de meest efficiënte en effectieve manier om de kennispositiebepaling vorm te geven.

Na de grondige voorstudie en voorbereidingen in de voorgaande fase is het mogelijk gebleken via enquêtes onder de leden van de federatie, en andere belanghebbenden, een druk bezochte symposiumdag en een zestal workshops de meest essentiële informatie te verzamelen om de studie te voltooien.

Er zijn enquêtes gehouden onder de tuinders en leden van de federatie en andere belanghebbenden.

Hiermee is de aanwezige kennis over sensoren vastgesteld. Er zijn 133 enquêteformulieren terugontvangen. De gegevens zijn verwerkt in de eindconclusies en het actieplan in dit rapport.

Om een beeld te geven zijn de vragen hieronder beschreven en met de meest voorkomende antwoorden samengevat.

#### 1 Wat verstaat u onder sensoren?

Er werd in de meeste gevallen geantwoord dat het een hulpmiddel is om bedrijfsprocessen te ondersteunen. Voelers werkend op infrarood, mechanisch op druk of op temperatuur.

#### 2. Waarvoor kunnen sensoren in de praktijk worden gebruikt?

Er werd in de meeste gevallen geantwoord dat je er machines en apparatuur mee kunt laten starten en stoppen. En meet- en regeltechniek waarmee je bijvoorbeeld het klimaat in tuinbouwkassen kunt regelen.

#### 3. Wat is het nut van sensoren in de keten, ofwel: wat leveren zij op?

Er werd in de meeste gevallen geantwoord dat het productie en arbeidskosten scheelt en een betere kwaliteit eindproduct. Verder dat het nuttige informatie kan opleveren. De mogelijkheid tot het standaardiseren van bedrijfsprocessen is ook regelmatig genoemd.

#### 4. Welke sensoren kent u?

Er werd in de meeste gevallen geantwoord dat men wel weet van enkele merken heeft maar komt niet verder dan de gangbare toepassingen. Het gaat dan om sensoren die op druk of infrarood werken.

#### 5. Hoe hoog waardeert u het belang van sensoren voor uw markt?

- a. van groot belang
- b. van gemiddeld belang
- c. van weinig belang

Er werd in de meeste gevallen geantwoord dat men het voor de markt van groot belang acht. Er is ook beperkt een aantal keren van gemiddeld belang ingevuld. Een paar keer is van weinig belang ingevuld.

6. Van welke sensoren maakt u momenteel zelf gebruik?

Er werd in de meeste gevallen geantwoord dat men gebruik maakt van infraroodsensoren en in een aantal gevallen voor vochtmetingen en temperatuurbepaling.

7. Van welke sensoren denkt u in de toekomst gebruik te gaan maken?

Er werd in eenzelfde beeld gegeven als bij vraag 6. Dus geen toevoegingen.

8. Zijn er ontwikkelingen of processen waar sensoren voor ontwikkeld zouden moeten worden of waar sensoren ingebouwd kunnen worden?

Er werd in de meeste gevallen geantwoord dat voor optimalisatie van productieprocessen en opslag van producten meer toepassingen nodig zijn zoals voor kwaliteitsbewaking. Ook werd er geantwoord dat er behoefte is via sensormeting in uitgangsmaterialen in de tuinbouw vast te kunnen stellen of er ongewenste micro-organismen aanwezig zijn. Ook regeling van vochtbalans en energiebeheer en voor tracking & tracing.

## 4 - Het Symposium

Op 21 april 2004 is het symposium gehouden. Genodigden waren leden van de Federatie Agrotechniek (FA), mensen uit tuinbouwpraktijk, onderzoekers en ontwikkelaars van sensoren.

Na de ontvangst van de gasten worden de deelnemers verzocht zich naar de grote zaal voor de opening.

Prof. Dr. Olaf van Kooten van WUR Leerstoelgroep tuinbouwproductieketens is dagvoorzitter en opent het symposium en verteld dat de workshopleiders. Na een algemene introductie worden de deelnemers uitgenodigd deel te nemen aan de verschillende workshops. Na de workshops start Van Kooten de geplande plenaire sessie. Deze bestaat uit drie scenario's en een afsluitende discussie. Doel is drie verschillende manieren van implementatie van sensorentechnologie in beeld te brengen. Uiteraard hebben de inleiders van de scenario's de gelegenheid om vragen op hun scenario's te beantwoorden.

Inleiding door Prof. Dr. Van Kooten

De heer Van Kooten begint met de vraag of sensoren in de tuinbouw en overige klanten van de brancheleden wel nodig zijn en wie ze dan wel nodig heeft en welke er nodig zijn?

Hij start zijn betoog met wat er in grote lijnen allemaal kan zoals Plantengroei­sturing en marktgestuurde kwaliteitsmanagement. Te denken valt aan totale klimaatregeling in kassen, zogenaamde speaking plants (op sensoren gestuurde plantenteelt) en gesynchroniseerde productie (gestuurd telen op basis van POS data). Men kan bij marktgestuurde kwaliteitsmanagement denken aan tracing & tracing van product en kwaliteit en dienstverlening op ketenniveau.

Waar het volgens Van Kooten om gaat dat er de markt beheerst wordt doordat op gebied van techniek, organisatie en dienstverlening voorop wordt gelopen. Echter de techniek loopt op dit gebied ver voor op de praktijk. Bijna alles is mogelijk, maar niet alles is nodig!

Wat is er nodig vraagt Van Kooten.

Op gebied van producten is van belang dat er een goed kwaliteitsniveau wordt gehandhaafd, dat er jaarrond een veilig en betrouwbaar product kan worden geleverd tegen een concurrerende prijs.

Op gebied van dienstverlening is het van belang dat diensten snel, flexibel en vooral ook betrouwbaar worden geleverd. Daarnaast wil de markt dat er 24 uur per dag gebruik kunnen maken van de diensten tegen een zo laag mogelijk tarief. Beschikbaarheid is belangrijk.

Transacties moeten snel verlopen en ook goedkoop en betrouwbaar zijn.

Informatie moet transparant zijn en het is belangrijk dat deze on line en altijd beschikbaar is. En ook weer goedkoop per eenheid.

Als voorbeeld wordt de link gelegd naar een plant die volledig gemonitord en gestuurd wordt door sensoren.



Van Kooten gaat verder met het aansprekende voorbeeld van het gebruik van sensoren in de appel en in de kiwiteelt in Nieuw Zeeland. Deze ontwikkelaars en leveranciers van tuinbouwtechnieken hebben de markt en behoeften van hun klanten goed begrepen.

Door de grote afstand van Nieuw Zeeland tot hun afzetmarkten in Azië, Amerika en Europa is stadium van rijpheid en houdbaarheid van belang om de markt te kunnen behouden en uit te kunnen breiden. Al in de boomgaard zorgen sensoren voor monitoring van het rijpingsproces. Via diverse sensortechnieken wordt de houdbaarheid bepaald en gevolgd in diverse stadia van plukken tot en met het sorteren, verpakken en vervoer naar de afnemers. Doordat men de rijpheid kan voorspellen gaat weinig oogst verloren en komt het product in precies de juiste conditie aan bij de klanten.

#### 4.1-Workshop1: Biologische en Bio-sensoren

Workshopleider: Peter Grave van DLV Plant BV onderdeel DLV Facet/TNO

Inleider: Maarten Jongsma van PRI

Biologische sensoren en biosensoren: Informatie voor een habbekrats

Biosensoren zijn analytische instrumenten waarin biologisch materiaal (bv weefsel, micro-organismen, organellen, cel receptoren, enzymen, antilichamen, DNA etc) geïntegreerd is met een fysiochemische interface met optische, elektrochemische, thermometrische, piezoelectrische of magnetische eigenschappen. Biosensoren leveren gewoonlijk een digitaal elektronisch signaal dat proportioneel is met de concentratie van een specifieke stof of groep van stoffen. De uitlezing kan eenmalig en continu uitgevoerd worden. Biosensoren worden breed toegepast op medisch, milieu, voedings, veiligheids en defensie gebied.

Het vakgebied van de bio-electronica probeert biologie in samenhang met elektronica in brede zin te exploiteren. Biomaterialen worden hierbij gebruikt voor datatransport, voor opslag van gegevens, als energiecellen en in schakelingen (transistors). Het belangrijkste punt van onderzoek is hierbij altijd de innovatie van de interface tussen biologische materialen en elektronica. Een belangrijke nieuwe ontwikkeling is de bionanotechnologie. Deze technologie maakt het mogelijk om zeer kleine en ultragevoelige sensoren te maken. De kosten van dergelijke sensoren kunnen heel laag zijn bij de productie van grote aantallen, terwijl de specificiteit door de toepassing van biologische receptoren heel hoog is. In de toekomst zullen de teler en de keten naar de consument daardoor over veel meer informatie kunnen beschikken om de productie en kwaliteit te volgen.

Jongsma begint zijn betoog met uitleg over de werking van Biologische sensoren. Mensen onderscheiden 10,000 verschillende geuren op basis van 300 receptoren. Er worden subtiele verschillen in chemische structuur onderscheiden.

Biologische sensoren kunnen werken op basis van gedrag Hij legt uit aan de hand van voorbeelden hoe dit werkt bij insecten en dieren zoals sluipwespen, bijen en bijvoorbeeld honden. Echter ook losse organen zoals antennes van insecten reageren op elektronische impulsen. Bacteriën, gistcellen en diercellen kunnen reageren op kleur en licht door verkleuring. Dan zijn er nog gemodificeerde receptoren (antilichamen, receptoreiwitten) die volgens fysische principes werken.

Er wordt uitgelegd hoe via de huid via een biochemisch proces gevoelssignalen bij de hersenen van de mens komen. De huid fungeert hier als sensor.

Zoals al aangegeven kunnen insecten worden getraind waardoor zij als biologische sensoren fungeren. Uit onderzoeken van Felix Waeckers van NIOO-WUR, DARPA, USDA Gainesville is gebleken dat parasitoiden kunnen worden geconditioneerd om te reageren op volledig nieuwe geuren waaronder aflatoxine producerende schimmels, explosieven en narcotica. Er kon specifiek geconditioneerd gedrag aan deze geuren worden toegeschreven. Een apparaat om dit gedrag betrouwbaar te meten werd ontwikkeld.

Er zijn mogelijkheden voor vroege detectie van plantenstress; bederf in opslag van natuurproducten. Detectie van explosieven of biologische wapens is mogelijk. Monitoring van vervuiling is mogelijk. Zelfs screening van menselijke en dierlijke gezondheid is mogelijk.

J.N.C. van der Pers van VDP laboratories in Hilversum en A.K. Minks van IPO/DLO ontwikkelden een draagbare electroantennogram sensor om feromonen te meten in kassen. Het principe werkt doordat een losse antenne van een kever in een meetapparaat wordt gelegd en in een ruimte wordt geplaatst (een tuinbouwkas) in dit geval. De feromonen worden opgevangen door de antenne en er kunnen gelijktijdig metingen worden verricht doordat de antenne hierop reageert.

De voordelen van biologische sensoren zijn dat er met een hoge specificiteit gemeten kan worden. De sensoren hebben een hoge gevoeligheid en de technologie is al voorhanden.

De nadelen van biologische sensoren is dat ze een korte levensduur hebben. Veder hebben ze een gespecialiseerde bediening nodig en zijn onbetrouwbaar vanwege de variatie in levend materiaal.

Biosensoren zijn anders dan biologische sensoren

Zoals al eerder aangegeven zijn biosensoren analytische instrumenten waarin biologisch materiaal (bv weefsel, micro-organismen, organellen, cel receptoren, enzymen, antilichamen, DNA etc) geïntegreerd is met een fysiochemische interface met optische, elektrochemische, thermometrische, piezoelectrische of magnetische eigenschappen. Biosensoren leveren gewoonlijk een digitaal elektronisch signaal dat proportioneel is met de concentratie van een specifieke stof of groep van stoffen. De uitlezing kan eenmalig en continu uitgevoerd worden. Biosensoren worden breed toegepast op medisch, milieu, voedings, veiligheids en defensie gebied.

Op basis van bovenstaande informatie wordt uitgelegd hoe je de binding van een ligand kunt meten. Het geheel speelt zich af op chipniveau. Wageningen UR heeft in hun onderzoeken de focus gelegd op Surface Accoustic Wave gas- en biosensor applicaties (SAW) en Field Effect Transistor biosensor ontwikkeling.

Er wordt gedetailleerd uitgelegd hoe de transductieprincipes werken. De analyse van de signalen wordt uitgelegd en hoe uiteindelijk het signaal output tot stand komt.

De voordelen van SAW-Biosensoren zijn een:

- Ø directe en labelvrije detectie van gebonden massa
- Ø onbeperkte keuze van mogelijke receptor targets
- Ø on line meting van ligand binding
- Ø bepaling van kinetische en bindingsconstanten
- Ø gevoeligheid hoger dan vergelijkbare gravimetrische sensing principes (quartz micro balance, 10MHz) vanwege hogere frequenties (50-500 MHz)

Er heeft eigen constructie van sensoren plaats gevonden in samenwerking met Siemens/EPCOS. Het betreft goudstructuren die geen corrosievertonen aan de oppervlakte. Achteraf na biosensing is regeneratie mogelijk. Er is voldoende doorgang voor capaciteitskoppeling en ze zijn makkelijk te vervangen.

Ontwikkeld zijn verder SAW – gas sensoren (vluchtige stoffen)

Bestaande uit gasfase, een semiselectieve layer en geluidssensing. Bij wijziging in de massa reageert de gevoelige layer en brengt een gasreactie teweeg. Als bruikbare voorbeeld wordt meting in opslagruimten voor koffie genoemd. Gebouwconstructies, verwerkingstechnieken en bewaarperioden kunnen worden afgestemd op de mogelijkheden die deze sensoren bieden.

SAW –biosensoren zijn voordelige sensoren

Biosensing is mogelijk voor labelvrije en snelle interactie analyses en detectie limiet in orde van grootte van pg/mm<sup>2</sup>. Tegen lage kosten van € 100,- per sensing kanaal van diverse technologische toepassingen. Twee tot vijf Euro per analyse van een diposabele sensor.

Ze zijn geschikt voor specifieke en gevoelige detectie.

FET biosensors reageren op veranderingen in de dialectische constante van het oppervlak. Er wordt uitgelegd dat IS FET is gebaseerd op concepten die eerder al zijn ontwikkeld in Twente.

Voordelen van FET biosensors zijn:

- Ø de gevoeligheid en het labelvrij zijn (online).
- Ø Ze zijn betrouwbaar en standaardiseerbaar)
- Ø Multianalyt metingen zijn mogelijk (potentieel duizenden componenten)
- Ø Ze zijn onafhankelijk van massa (wel van lading)
- Ø Rendabele productie (standaard chip is goedkoop te produceren: functionalisering kan achteraf plaats vinden)
- Ø De functionalisering is zeer breed mogelijk
- Ø de markt waar dit toepasbaar is zeer breed (onderzoek, industriële productie en consument)

Er worden voorbeelden gegeven van toepassingen in de Food en Agrobusiness Bij melkwinning in de melkmachine en koeltanks op boerderijen. Tijdens transport van bijvoorbeeld melk kan worden gemonitord. In de foodindustrie in verwerkingstechniek.

Na de inleiding worden er een tweetal stellingen gedeponereerd door Maarten Jongsma.

1. De ideale biosensor meet online, zonder labeling, een groot aantal verschillende stoffen in de gas- of waterfase, is betrouwbaar, duurzaam, klein, goedkoop en kan draadloos communiceren met een computer.
2. Dergelijke biosensoren zijn haalbaar op basis van SAW en FET biosensoren.

Onder leiding van de workshopbegeleider Peter Grave start de discussie onder de deelnemers van de workshop. Dit zijn leden van de Federatie Agrotechniek, ontwikkelaars en producenten van sensoren en afnemers. Na een boeiende discussie worden de conclusies genoteerd door de heer Grave. Deze gaan mee naar de plenaire discussie dat later zal volgen.

#### Conclusies:

1. Het productieproces kun je pas verbeteren als je weet wat je moet meten. Neemt nu veel tijd in beslag door gebruik te maken van laboratoria. In huis online meten plus daarop reageren is wenselijk maar nog ver weg.
2. De sector zegt dat er demoprojecten zouden moeten komen met medewerking van partijen als LTO en PT om de toepasbaarheid te stimuleren.
3. Als sensoren worden gebruikt krijg je extra zintuigen om te meten en te reageren.

De conclusies van de discussie worden door de workshopleider meegenomen naar de integrale discussie voor bijdrage aan de vorming van een totaalvisie.

## 4.2- Workshop 2: Verpakkingsensoren

Workshopleider: Sjoukje Heimovaara van TNO

Inleider: Frans-Peter Scheer van Agrofoodtechnologie & Foodinnovations Wageningen UR.

Bederfelijke producten zoals bijvoorbeeld groenten, fruit en bloemen zijn beperkt houdbaar. De verpakking vormt het "vehikel" waarin deze producten worden vervoerd. De verpakking is echter geen ziekenhuis, oftewel producten komen niet beter uit de verpakking dan dat zij daarin zijn gegaan (iets wat bij voorkeur een patiënt wel overkomt). Het is daarom interessant de mogelijkheden te onderzoeken om productkwaliteit zo goed mogelijk te beheersen met behulp van verpakkingsensoren.

Wanneer we sensoren toevoegen aan de verpakking, kunnen we omgevingscondities

(bijvoorbeeld temperatuur, vochtigheid) meten die een voorspellende waarde hebben voor de productkwaliteit. Tijd-Temperatuur Indicatoren (TTI), Dataloggers, Radio Frequentie Identificatie).

Volgens de heer Scheer hebben verpakkingen twee functies hebben, namelijk om de lading te dragen en een functie als display waarop herkomst en product vermeld staan.

Bij bederfelijke producten kunnen sensoren vooral ook een rol spelen in de keten.

Er zijn een aantal factoren van invloed op de houdbaarheid van bederfelijke producten in verpakking. Uitwisseling van gassen als CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> en N<sub>2</sub> door diffusie door de verpakking. Ademhaling van de producten, temperaturen buiten en binnen de verpakking. Uitwisseling van H<sub>2</sub>O.

Om aan te geven dat verpakkingen (en sensoren hierin) bederfelijke producten niet beter van kwaliteit kunnen maken wordt een vergelijk getrokken met een ziekenhuis. Daar ga je in en meestal kom je er gezonder uit. Bederfelijke producten die in verpakking hebben gezeten komen er per definitie in een andere toestand uit.

Er kan gedurende het inpakken, bewaren, vervoeren en verhandelen van alles gebeuren met de producten. Afgezien van beschadigingen van de verpakkingen. Er kan bederf ontstaan door te lage temperatuur, te hoge temperatuur of andere omgevingscondities.

Het is van belang dat de kwaliteit gemonitord kan worden. Via datachat kan de resterende houdbaarheid worden vastgesteld. Datachat houdt in dat vanaf oogst tot bij de consument op ieder moment kan worden vastgesteld wat de 'resterende houdbaarheid' van het product is. Datachat wil zeggen via satelliet en telefoon wordt gecommuniceerd met sensoren in de verpakking over de conditie van de inhoud op elk gewenst tijdstip. Het is zelfs mogelijk om internedatachats te voeren en verpakking of koeling aan te sturen waardoor de omgevingstemperatuur verandert.

Datachat wil ook zeggen een razendsnelle informatie-uitwisseling en automatisch bestellen door de detailhandel wanneer een minimaal voorraadniveau onderschreden is.

Met datachat kunnen bederfelijke producten daadwerkelijk Just in time, Just in Quality worden geleverd. Het is zelfs zo dat er kan worden doorgelinkt naar de consument die thuis achter zijn pc in de winkel de conditie en herkomst van producten kan bekijken en bestellen. Wil hij bijvoorbeeld tomaten hebben die hij een week later nodig heeft dan kan hij kijken of deze aanwezig zijn of onderweg naar de winkel. Mogelijk heeft hij voorkeur voor tomaten van een specifieke biologische teler. Wanneer en in welke conditie deze beschikbaar zijn kan worden bekeken. Ook stuurt hij hiermee mede de orders van de winkel aan de leveranciers aan.

Er is altijd product in de keten met de juiste kwaliteit leveringen kunnen worden versneld of vertraagd met on-line controle van kwaliteits condities. Alle product info is traceerbaar bij aankomst.

De heer Scheers gaat verder met de beschikbare sensortechnieken die de conditie van bederfelijke producten kunnen meten en die te verwerken zijn in verpakkingen.

Conditiemeting kan plaats vinden door middel van zogenaamde TTI's. Deze dunne ronde schijfjes van een paar millimeter dik kunnen in verpakkingen worden verwerkt.

Met dataloggers kunnen worden verwerkt in verpakkingen. Met een afleesapparaat kan kunnen de data vervolgens worden afgelezen.

Met behulp van RFID en Temperatuurmeting kan via transponders doormiddel van gatereading en ICT verbindingen de conditie van producten in verpakkingen worden bepaald. De producten moeten dan wel, al of niet op wielen, door een 'gate' worden gereden. Of de transponders worden langs de (opgeslagen)verpakkingen gereden.

De producten verplaatsen zich door de keten. Het temperatuurverloop tijdens deze tocht is te registreren. Door kwaliteitsgestuurde logistiek op te zetten wordt het mogelijk om na vaststellen van de beginconditie (initiële kwaliteit) van de bederfelijke producten temperatuurdoelstellingen in te voeren. De condities worden via sensoren voortdurende gemonitord en van hieruit kan de resterende Tenminste Houdbaar Tot (THT) datum worden bepaald. Track & trace wordt hiermee mogelijk. Er worden acceptatiegrenzen ingevoerd en onderverdelingen gemaakt in bijvoorbeeld eerste tijdsgrens tweede tijdsgrens en derde tijdsgrens. Om uiteindelijk producten met juiste kwaliteit op de juiste plaats af te leveren.

Bij de implementatie van de technieken en het stelen dan de doelen moet nadrukkelijk gekeken worden naar de doelstellingen die ondernemers voor ogen hebben.

- Ø Om welke producten en keten gaat het?
- Ø Welke hard en software is het meest geschikt?
- Ø Om welke informatie gaat het en welke functies deze uitvoeren.
- Ø Op gebied van organisatie en sturing moet het handelbaar zijn.

Hierna kan pas worden over gegaan tot implementatie in de praktijk.

Hierna worden een vijftal stellingen gegeven door de heer Scheer met betrekking tot kansen met verpakkingssensoren.

Stelling 1: Ik heb geen verpakkingssensoren nodig want zelfs als de sensoren niets kosten dan nog ga ik niet op kwaliteit sturen.

Stelling 2: De verdeling tussen inspanning (kosten) en resultaat (marge) is ongelijk verdeelt. Wie gaat dat betalen? En wie gaat eraan verdienen?

Stelling 3: Het imago van mijn afnemer (retailer) is mijn imago en vice versa. Hoe liggen de verhoudingen in de keten? En hoe creëer je een uniek verkoopargument?

Stelling 4: Sensortechnologie is een middel om toegevoegde waarde aan de klant te leveren.

Stelling 5: Wall Mart cancels "smart shel" trail. Perceptie van de consument. Consumentengroeperingen zijn bezorgd over potentieel misbruik van product-tracking voor marketing doeleinden. Ze zeggen dat T&T niet alleen benut zal worden om producten te traceren maar vooral ook om mensen te traceren.

Er volgt ook in deze workshop een boeiende discussie tussen leden van de FA, onderzoekers en ontwikkelaars en andere genodigden.

Uiteindelijk worden er door de workshopleider een aantal conclusies genoteerd en deze worden meegenomen naar de plenaire discussie die later zal volgen in de grote zaal.

#### Conclusies

- verpakkingssensoren zijn onmisbaar bij het beheersen van de kwaliteit en het volgen van bederfelijke producten door de keten.
- de resterende houdbaarheid van bederfelijke producten zal een steeds sterkere rol gaan spelen
- Just in time, Just in Quality wordt mogelijk met behulp van verpakkingssensoren
- verpakkingssensoren hebben voordelen voor klanten en ketenpartijen, er zijn diverse toepassingen voorhanden
- de verpakkingssensor en de werking moet goed worden gecommuniceerd naar de belanghebbenden zodat misverstanden over het gebruik (misbruik) van data worden voorkomen.

De conclusies van de discussie worden door de workshopleider meegenomen naar de integrale discussie voor bijdrage aan de vorming van een totaalvisie.

### 4.3- Workshop 3: Genomics

Workshopleider: Bert van Duin

Inleider: Michel Ebskamp van Gentwister Technologies B.V.

Het gemomicstijdperk waarin we nu leven levert een enorme hoeveelheid nieuwe informatie op over de organisatie van het erfelijk materiaal van een aantal organismen. Niet alleen het erfelijk DNA-materiaal is in kaart gebracht, maar ook de actieve genen en eiwitten. In de het plantenveld zijn al enorm veel datasets verkregen en dit gaat nog steeds door. Door analyse van RNA-profilering en proteomics is het mogelijk om een verscheidenheid aan problemen aan te pakken. Door expressie te combineren met biologische parameters wordt het mogelijk om bio-markers te identificeren. Deze bio-markers kunnen vervolgens gebruikt worden om in diagnostische tests antwoord te geven op specifieke vragen over bijvoorbeeld productkwaliteit. Hiermee is het mogelijk om 'tracing & tracking' te implementeren en op die manier opslag en transport condities te optimaliseren. Kwaliteit wordt doorgaans beïnvloed door een combinatie van interne en externe factoren. Elk van deze factoren kan gemonitord worden door zijn eigen set markers.

De heer Ebskamp begint zijn presentatie met de uitleg over DNA informatie. Genomics bestrijdt het veld van Genomisch DNA (genen) en de expressie van deze genen (mRNA) vervolgens de synthese van eiwitten naar de synthese van metabolieten.

RNA, eiwit en metabolietinformatie is dynamische en afhankelijk van leeftijd van bederfelijke producten, het rijpingsstadium, ziekteverwekkers, stress zoals water of lichttekorten, trillingen etc.

Om tot monitoring van kwaliteit te komen moet worden vastgesteld waar te meten en wat te meten. Gen activiteit kan gemeten worden (mRNA). Met bijvoorbeeld AFLP, microarray technologie. Of individuele genen met (real time) PCR.

Methabolieten kunnen met vele tegelijkertijd met behulp van massaspectrografie worden gemeten. Specifieke metabolieten met HPLC, TLC, assays.

Voor het ontwikkelen van een betrouwbare marker uit al deze data is betrouwbare analyse software nodig. Bioformatica staat volop in de belangstelling. Gentwister heeft voor dit type analyses zelf software ontwikkeld.

Voorbeelden uit de praktijk zijn bepalingen van het oogststijdstip van fruit, de kwaliteit van groentes, houdbaarheid van snijbloemen en stress bij potplanten. De uitdaging zit in het integreren van de genomische data in sensoren die geschikt zijn voor brede toepassing tegen lage kosten.

Conclusies:

- Bioinformatica heeft toekomst en kan direct al worden toegepast in sensoren.
- Markers gebaseerd op benomic informatie zijn de sensortools van morgen.

De conclusies van de discussie worden door de workshopleider meegenomen naar de integrale discussie voor bijdrage aan de vorming van een totaalvisie.

#### 4.4- Workshop 4: Gassensoren

Workshopleider: Sjaak van Veen

Inleider: Arie Draaijer, TNO Nutrition and Foodresearch

Met gassensoren kan bewaking plaatsvinden in productie en (food)bewaring. Van belang is dat gassen gemeten kunnen worden.

Waarom gassensoren? Hiermee start de heer Draaijer zijn presentatie. Voor het verbeteren van de productiviteit en kwaliteit door het kunnen bewaken van bovengrondse luchtkwaliteit. Het gaat dan om bewaking van de luchtkwaliteit, de gasfactor in water/voedings milieu, de gasfactor in wortelmilieu en de gasfactor in het bewaarmilieu. Meting van gassen als CO<sub>2</sub>, Etheen, NO<sub>x</sub>, zuurstof en de luchtvochtigheid. Bewaking van gasfactor in water en voeding waarbij zuurstof en CO<sub>2</sub> worden gemeten. Ook bewaking in de glastuinbouw van gassen in het wortelmilieu is van belang. Gemeten worden hier Etheen en CO<sub>2</sub>. Middels CO<sub>2</sub> kan ook bederf worden gemeten.

Op basis van katalytische, elektrochemische, paramagnetische en optical zuurstofmeetprincipes zijn zuurstof verbruikende en niet zuurstofverbruikende sensoren ontwikkeld waarmee afhankelijk van de sensor of non-invasief of invasief kan worden gemeten. Bij non-invasieve wordt een totaalbeeld gemeten en bij de invasieve methode wordt dieper geanalyseerd. Dit is mogelijk met opto-chemische sensoren direct via bijvoorbeeld kleurmeting of doormiddel van een specifieke coating of toevoeging.

Er wordt uitleg gegeven over NDIR CO<sub>2</sub> sensoren voor kwaliteitscontrole (CO<sub>2</sub>) meting. Toepasbaar bijvoorbeeld in verpakkingen is de zaadsector.

In ontwikkeling zijn sensoren voor ppm meting in ventilatoren (low cost, low power)

Voor Etheen/NO<sub>x</sub> monitoring: chemoluminescence of andere optische technieken voor gassensoren zijn PID waarbij met name aromaten kunnen worden gemeten. Of Photo-akoestische detectie (PAS): vlg. met NDIR en Raman spectroscopie: vlg. IR absorptie.

Met optische sensoren kunnen vrijwel alle relevante gassen worden gemeten.

Discussie:

Waar nodig:

Meet en regeltechniek tijdens productie

Kwaliteitsmetingen, zowel tijdens productie (plantmonitoring) als achteraf (selectie)

Conclusie discussie

Specifieke zaken die belangrijk zijn voor (gas) sensoren:

- Ø Meetstrategie, bijvoorbeeld globale vs puntmeting
- Ø Cost-of-ownership
- Ø Heterogeniciteit / gebruik biologisch materiaal
- Ø Interpretatie sensor data
- Ø (Door)ontwikkelen vanuit de praktijk of in ieder geval snel praktijkmetingen bij de ontwikkeling betrekken

De conclusies van de discussie worden door de workshopleider meegenomen naar de integrale discussie voor bijdrage aan de vorming van een totaalvisie.



#### 4.5- Workshop 5: Infrarood sensoren

Workshopleider: Steven Paassen, DLV Communicatie  
Inleider: Dr. ir. Laury Chaerle, Ghent University

Infraroodsensoren kunnen via thermische beeldvorming fungeren als monitoringsysteem bij bijvoorbeeld de groei van planten. Plantenresponsen op stress-situaties kunnen worden gevisualiseerd. Het combineren van thermische beeldvorming met andere imagingsystemen zoals chlorofyl fluorescentie imaging biedt mogelijkheden voor het visualiseren van de 'gezondheidstoestand' van planten.

##### Plant Stress Imaging

De heer Chaerle leidt zijn presentatie in met uitleg en beelden over imaging voor vroege stressdetectie bij planten. Een niet destructieve en contactloze methode.

Thermografie is het detecteren van infraroodstraling waarmee warmtebeeldvorming kan worden gemaakt.

Fluorescentie imaging kan worden gedaan via chlorofyl fluorescentie, UV-geïnduceerd fluorescentie en GFP imaging.

Reflectance imaging gebeurt door hyperspectrale beeldvorming en Bioluminescence imaging door aequorin en luciferase.

Het komt er op neer dat het gehele binnen het gehele lichtspectrum buiten het visuele licht meetmethoden zijn ontwikkeld.

De heer Chaerle gaat in op de thermografie in de plantenfysiologie. Door metabolisme produceren planten warmte. Er wordt een verband gelegd tussen thermografie planttemperatuur door transpiratie van de planten kan de verdamping worden gevisualiseerd. Dit is een belangrijke factor in het energiebudget van planten. Stresshormonen geven verandering in transpiratie.

Hij gaat verder met droogtestress bij planten. Dit is ook thermografisch te meten.

Thermale metingen zijn mogelijk via non-contact sensors via infraroodkoppel, infrarood thermometer en via infrarood camera.

Biotische stress wordt vervolgens behandeld. Salicylzuur (SA) speelt een belangrijke rol. Dit inhibeert transpiratie en accumuleert in response op pathogenen. Door toediening van SA verhoogt de bladtemperatuur. Symptomen kunnen weer worden gevisualiseerd via infrarood non-contact sensors. Ook vorsttollerantie kan zo worden gevisualiseerd.

Er zijn gerobotiseerde setups waarmee partijen planten gescreend kunnen worden. Chaerle laat voorbeelden van gerobotiseerde opstellingen zien. Een van de voorbeelden is een positioneringssysteem met infrarood, chlorofyl fluorescentie en video camera's geïntegreerd in een groeikamer. Via een technisch stroomschema wordt verteld hoe de werking van gerobotiseerde imaging naar dataprocesing verloopt.

Er wordt ingegaan op Web-based indexing met behulp van imaging sequence navigatie. Hiermee is snelle detectie mogelijk en kunnen diverse scenario's

onmiddellijk worden doorgerekend. Virussen in planten kunnen hiermee in een vroeg stadium worden gespoord.

Er wordt verteld over thermische en fluorescentie imaging. Hij neemt als voorbeeld cercospora fungale bladinfectie in suikerbiet. En laat vervolgens meetresultaten zien op onderzijden van bladeren op basis van infraroodbeelden, videobeelden en met chlorophyll fluorescentie. Bij sterke afkoeling in alle gevallen vroegtijdige visualisatie mogelijk.

Wat zijn nu de perspectieven bij continue (multispectrale) monitoring?  
Er is presymptomatische visualisatie van stress-symtomen waarneembaar.  
Identificatie van stress-factoren is mogelijk.

Optimalisatie van de groeiomstandigheden is mogelijk. Waterverbruik en fotosynthese komen in beeld. Verder kan screening plaatsvinden voor stress-resistentie via thermografie, fluorescentie en hyperspectrale beeldvorming.

De heer Steven Paassen leidt de discussie in. Ook hier een boeiende discussie tussen de leden van FA, tuinders en onderzoekers, ontwikkelaars, leveranciers en andere belangstellenden.

Er worden conclusies geformuleerd;

1. Infrarood sensoren hebben toekomst
2. Zorg dat de praktijk deze kennis oppikt en niet alleen de commerciële praktijk => open kenniseconomie!!
3. Nut: vroege signalering op specifieke kleinschalige plek is mogelijk.
4. Wat is er nodig?
  - Ø draadloze, betaalbare systemen
  - Ø software voor verwerking van de gegevens en integratie van deze software
  - Ø aanvullend op bestaande praktijk. Het moet waarde toevoegen.
5. In de toekomst zal regelmatige gezondheidscheck per plant(groep) mogelijk zijn.

De conclusies van de discussie worden door de workshopleider meegenomen naar de integrale discussie voor bijdrage aan de vorming van een totaalvisie.

#### 4.6 -Workshop 6: Phytomonitoring

Workshopleider: Arnoud van Boven, DLV Plant BV  
Inleider: Anthony Brouwers, Growlab GrowScience

Door inzet van combinaties van sensoren en verdere automatisering kunnen teeltprocessen beter beheersbaar worden gemaakt. Phytomonitoring is het met behulp van sensoren en computerprogramma's voortdurend metingen verrichten op en rond de plant.

De heer Brouwers laat een praktijksituatie zien in de tomatenteelt. Een tomatenteler die zijn gewas controleert en de rijpe tomaten plukt. Hij beoordeeld wikt en weegt en verricht handelingen.

Door koppeling van de praktijk aan de wetenschap kan vanuit de plant worden gedacht door sensoren op en rond de planten te plaatsen. Men kan dan data registreren en deze koppelen aan bedrijfsresultaten.

Zoals al geschetst wordt bij nu nog overwegend bij het produceren van agrarische producten gevoel en ervaring van de teler gebruikt. De bedrijfsresultaten zijn afhankelijk van de geleverde productie en de geleverde kwaliteit.

Hoe kunnen we het gevoel van een mens, vertalen naar eigenschappen van de plant?

Dit kan door veel te registreren en onderling vergelijken klimaat, productie en arbeidsgegevens te vergelijken in studiegroepen.

Echter weinig tot niets wordt momenteel geanalyseerd en niet plantfysiologisch onderbouwt. Goede teeltvoorlichting en praktijkonderzoek kan daarbij helpen.

In de huidige marktsituatie staan bedrijven onder druk er moet gewerkt worden met lage marges en er zijn grote rendements en productiever verschillen. Doordat de kleinere telers niet meer willen of kunnen investeren of geen opvolging hebben stoppen zij. Andere grotere bedrijven nemen deze bedrijven over en aanmerkelijke schaalvergroting is het gevolg. De lage marges en tijdsdruk laten weinig ruimte aan innovatieve ondernemers om daadwerkelijk te innoveren. De overheid trekt zich terug en het onderzoek verschaalt.

Brouwer laat een swot-analyse zien waarin nieuwe teelttechnieken, automatiseren, en een hoger rendement behalen doormiddel van procesbeheersing kansen bieden. Een bedreiging vormt de terugtrekkende overheid qua innovatieondersteuning en wet- en regelgeving van de overheid en de elektriciteit en gasprijzen.

Hoe ziet de toekomst van de kwekerij er uit? Verwacht wordt een verdere stijging van de kosten waardoor schaalvergroting noodzakelijker wordt. Hierbij zal meer en meer proces controle noodzakelijk zijn. Ook ontstaan er steeds meer overheidsverplichtingen zoals op gebied van voedselveiligheid. En niet te vergeten de veel eisende consument waarmee rekening in de eerste plaats rekening mee moet worden gehouden. Deze eist kwaliteit en wenst steeds meer just in time en just in quality voedsel en bloemen.

Innovatie is dus noodzaak. Er zijn nieuwe teeltsystemen nodig. Een nadrukkelijke verbeterde koppeling tussen wetenschap en praktijk is hiervoor nodig.

Op bedrijfsniveau zijn een aantal sterke punten aan te wijzen. Er wordt jaarrond geproduceerd. Er is een hoog kennisniveau aanwezig en een hoge productie efficiëntie. De markt wordt goed beheerst en voor de teelt en afzet is er een goede infrastructuur voorhanden. Zwaktes zijn de steeds zwaarder wegende arbeidskosten en het steeds vaker niet behalen van het optimale rendement. Seizoensinvloeden en dure productiemiddelen verzwakken de positie van de bedrijven eveneens.

Met behulp van een aantal tools kan men de bedreigingen en zwaktes het hoofd bieden. Sensoren spelen hierin een centrale rol. Men kan hiermee metingen verrichten op en rond de plant. Via koppeling aan de klimaatcomputer en via computerprogramma's klimaat- teelt-rendement door te rekenen en automatisch bij te sturen ontstaat betere efficiëntie op alle fronten.

Aan en om de plant kan gemeten worden door middel van sensoren en de groei en ontwikkeling kan bepaald worden. Metingen zijn te verrichten aan licht in de kas (PAR), met CO2 sensoren, temperatuursensoren en infraroodcamera's. De metingen kunnen worden gebruikt voor het ondersteunen van de 'groene vingers'. Dus voor procescontrole, (verder)automatiseren en optimaliseren van de

bedrijfsprocessen. Aan de hand van de verzamelde data kunnen er berekeningen worden gemaakt. Deze gegevens bevatten management informatie waarmee sturing kan worden gegeven aan de totale bedrijfsvoering.

De metingen worden verricht door integratie en koppeling van CO2 sensoren, temperatuursensoren, infrarood en PAR om de lichtdoorval te meten. Ook sensoren voor meting van het EC gehalte, substraattemperatuur, stengeldikte, sapstroom en RH worden geïntegreerd. De sensoren worden gekoppeld met de klimaatcomputer. Voortdurend worden rendementsberekeningen gemaakt en wordt er automatisch bijgestuurd. De metingen kunnen gebruikt worden voor het ondersteunen van de 'groene vingers'. Dus voor procescontrole, (verder)automatiseren en optimaliseren van de bedrijfsprocessen. Aan de hand van de verzamelde data kunnen er berekeningen worden gemaakt. Deze gegevens bevatten management informatie waarmee sturing kan worden gegeven aan de totale bedrijfsvoering.

Brouwer ondersteund zijn verhaal met uitleg en presentatie van een aantal statistische modellen waarmee hij overtuigend het nut van sensoren aantoont.

Discussie:

De heer Van Boven leidt de discussie in:

1. Is meten of registreren nuttig?
2. Kunnen de tuinders teeltrendement vergroten door middel van inzet van sensoren?
3. Is er wel ruimte voor grootschalige tuinbouw?

Ook hier een boeiende discussie tussen leden van de FA, onderzoekers en ontwikkelaars, leveranciers, tuinders en andere belangstellenden.

Conclusies van de discussie;

- Ø Niet alleen meten, maar analyseren en op basis daarvan sturen. Sensoren moeten worden afgestemd op de laatste ontwikkelingen.
- Ø Groene vingers en expertsystemen zullen steeds meer samen opgaan. De teler heeft info nodig, maar de sensor heeft ook een teler nodig. De telers dienen betrokken te worden bij verdere ontwikkeling. Op dit vlak is nauwere samenwerking noodzakelijk om tot goede resultaten te komen.
- Ø De rol van sensoren in 2010 wordt op gebied van kwaliteit, tracing&tracking (voor consumenten vertrouwen te behouden) een grote rol toegedicht. Verder zullen de kosten per eenheid omlaag moeten dit kan door produktieverhoging en kwaliteitsverbetering. Beide kan met behulp van sensoren beter worden gerealiseerd. De leercurve wordt korter door inzet van sensoren, juist bij voortdurende teeltwisseling is dit van belang om markttechnisch bij te blijven.

De conclusies worden door de workshopleider meegenomen naar de integrale discussie voor bijdrage aan de vorming van een totaalvisie.

## 5- Plenaire sessie

De functie van dit deel van het symposium is vorming van een totaalvisie over aanwezige en beschikbare kennis over sensorentechnologie en vooral ook het nut en de mogelijkheden voor en door de leden van de FA en andere belanghebbenden.

Aan de hand van de informatie uit voorstudie, de enquêtes, de workshops, de scenario's, en de plenaire discussie hierna en een evaluatie en nastudie kan een totaalvisie worden gegeven waarmee de kennispositie kan worden bepaald.

### 5.1- Presentatie senario's

Nadat alle workshop bezoekers zich verzameld hebben in de grote zaal leidt de dagvoorzitter Prof. Dr. Olaf van Kooten de presentatie van drie senario's in.

Vertegenwoordigers van de tuinbouw (klanten van de leden van de FA), veiling en handel en het onderzoek schetsen hun senario's over sensoren.

#### Scenario 1: Sensoren in ketenmanagement

Gijs Kok unitmanager product-, markt- en relatiemanagement van Flora Holland start zijn presentatie. Flora Holland heeft 7.500 aanvoerders en verwerkt de aanvoer van de sierplanten op locaties in Naaldwijk, Bleiswijk, Rijnsburg, Zon en Eelde. Er zijn gemiddeld 3.000 kopers van bloemen en dagelijks gaan er 25.000 partijen middels 100.000 transacties over in andere handen. Er wordt geveild via de 26 klokken in 8 afmijnzalen.

Wat kunnen we met sensoren in ketenmanagement? Er is een bepaalde kwaliteit in de keten nodig. Doel hierbij is consumententevredenheid. Houdbaarheid is van wezenlijk belang. De basis wordt gelegd tijdens de teelt. Ideale groeiomstandigheden geven stevige gezonde en goed ontwikkelde planten. Voor Flora Holland is het van belang na het snijden van de bloemen deze vitaal te houden. Daarom faciliteert Flora Holland de keten en innoveert zij hierin.

In de sierteeltketen is kwaliteitshandhaving van wezenlijk belang. Er zijn sterk wisselende condities in de keten. Kennis van de productcondities in de keten is van belang. De verantwoordelijkheden liggen momenteel per schakel terwijl over de gehele keten heen in ieders belang een betere monitoring plaats zou kunnen vinden.

Er zijn een aantal kwaliteitsissues per ketenschakel te noemen.

#### Teeltfase

Zoals al aangegeven in de teeltfase kan een ideale groei zorgen voor gezonde en goedontwikkelde planten.

Meting van Licht, waterconditie, ziekte en plagen, EC en pH zijn hierbij van belang om in te kunnen grijpen en (automatisch)bij te kunnen sturen.

#### Naoogstfase

In de naoogstfase is kwaliteitshandhaving en beoordeling belangrijk bij handelingen als sorteren en verpakken. Kleur, vorm, rijpheid en grootte, evenals latente ziekteherkenning en voorbehandeling spelen hierbij een rol.

#### Transport naar de veiling

Tijdens transport moet op juiste wijze worden gekoeld en de waterkwaliteit moet worden gemonitord.

#### Veilingfase

Ook hier is voor de vitaliteitshandhaving van de producten het temperatuurregime van belang. Men dient te voorkomen dat de planten natslaan of uitdrogen. Er is voortdurende kwaliteitscontrole nodig en tracking & tracing is belangrijk om partijen snel te achterhalen en bij te sturen.

#### Transport vanaf veilingcomplex naar groothandel of bloemist

Ook hier weer zijn de transportcondities van belang (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en Ethyleen) moeten gemonitord kunnen worden.

#### Consumentenfase

De levensduur moet voorspelbaar zijn en er zouden hopudbaarheids garanties gegeven moeten kunnen worden. De klant begint hier steeds meer om te vragen. Verder vindt de eindconsument het belangrijk dat planten gegarandeerd residuvrij zijn. Dus geen bestrijdingsmiddelen meer aanwezig.

Het is belangrijk dat productstromen gevolgd kunnen worden om marketingtechnische redenen gaat Kok verder. Borging van keurmerken wordt steeds belangrijker.

Produkt en transportsturing wordt van belang ook als het gaat om kwaliteitshandhaving. Om producten just in time en just in quality op de gewenste locatie te krijgen is voortdurend op de hoogte zijn van de condities van belang. Vrachten kunnen dan worden vertraagd of juist naar dichterbij gelegen locaties uitwijken. Sensoren zijn hierbij van wezenlijk belang. Zij zijn de voelsprietten waarmee dit soort beslissingen tot stand kunnen komen.

#### Scenario ketenmanagement

In gesloten ketens per partij sensoren plaatsen en alle relevante factoren meten. Deze historie moet worden bewaard en internationaal kunnen worden uitgelezen. De ketenverantwoordelijke ontvangt tijdige en betrouwbare informatie en stuurt zomogelijk bij. De vitaliteit op de eindbestemming is voorspelbaar en er zijn dossiers beschikbaar voor klachtenafhandeling. Tevens is er informatie beschikbaar ketenoptimalisatie omdat probleempunten en probleemeigenaren bekend zijn.

#### Welke eisen worden gesteld aan sensortechnieken?

Het mogen geen statistische technieken zijn, maar technieken die gekoppeld worden aan dynamische ketens (ketenproof). De data moeten snel vertaald worden in actie.

Belangrijk is een goede prijs/prestatiesensor (disposable) die aan een hoes of doos is te koppelen en welke internationaal te volgen is (rapportage)

#### Scenario 2: Sensortechnologie: over meten en meerwaarde in de gehele tuinbouw

Jan-Willem Donkers Beleidsmedewerker onderzoek & innovatie bij het Productschap Tuinbouw (PT) schetst scenario 2 in zijn presentatie.

De beleidsafdeling waar hij werkt houdt zich bezig met kwaliteit, arbeid, energie en innovatie & onderzoek in de tuinbouw. Productschap Tuinbouw (PT) is een publiekrechtelijke bedrijfsorganisatie en vertegenwoordigd alle Nederlandse



tuinders en handelaren in tuinbouwproducten. Voor EU regelingen voert zijn voor Nederland mede bewind

De missie van PT is het versterken van de concurrentiepositie en duurzaamheid van de Nederlandse Tuinbouw.

Case 1: MIPS non-invasieve methode om vroegtijdig botrytesinfectie vast te stellen. Wat hebben we als sector hier aan? De telers lijkt het leuk voor de veiling. De veiling wil hiermee bij ingangscntrole slecht materiaal weren en de groothandel heeft er wel vertrouwen in maar wil er niet voor betalen. Er is echter een collectief belang namelijk het hanteerbaar maken van de problematiek.

Case 2: Tracking & Tracing, RFID/TTI etc. Zodra het een verplichting is van de overheid zal de achterban medewerking verlenen. Men kan zich er mee indekken tegen claims. Het collectief belang is kwaliteitsverbetering in de keten en koppeling met teeltgegevens.

Case 3: Henk, Houdbaarheid en Koeling De uitgangskwaliteit is bepalend en deze wordt bepaald door mythen en 'groene vingers'. Met sensortechnologie kan de mythe worden gekwantificeerd. Verder kan het opbouwen en benutten van datasets van belang zijn.

Sensoren spelen een onmisbaar onderdeel in volledig geautomatiseerde teelten. Echter zal volledig geautomatiseerde teelt toekomst hebben?

Jan-Willen Donkers denkt niet direct maar ziet wel de voordelen. Ondernemers hebben beter grip zaken als productie, energieverbruik, emissie, de kwaliteit van de naooft, arbeidsfilm en productieplanning (ERP).

Door het koppelen en benutten van data kan de teelt beter worden bijgestuurd. Dit geeft eigen rendement en de telers kunnen voldoen aan markteisen. De uitgangskwaliteit kan worden gekwantificeerd en keteninformatie kan worden teruggekoppeld. Men krijgt inzicht in de effecten van teelt en naooft.

Wat nodig is vertrouwen en open informatie uitwisseling en kennis over sensoren en toepassingmogelijkheden tussen en bij ondernemers om daadwerkelijk profijt te kunnen hebben van sensortechnologieën.

Scenario 3: De blinde keten .....zonder meten geen (ge)weten.

Dr. Daan Kuiper, business unit manager van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving schets zijn scenario in een presentatie.

Met blind bedoelt Kuipers niet willen zien maar ook... niet willen zien. Met andere woorden hoe belangrijk zijn sensoren als ogen voor de keten?

Kuiper geeft aan dat er vreselijk veel is geschreven over ketens maar vraagt zich af hoe ver we nu eigenlijk zijn? Er bestaan daadwerkelijk een paar totale ketens en wat meer halve ketens en nog veel meer zogenaamde dozenschuivers.

De consument kan kwaliteit voelen door vorm, kleur, geur, smaak etc. Meetbare kwaliteit is niet voelbaar. Meetbaar zijn; gezondheidsbevorderende stoffen.

Biologisch en duurzaamheid, zonenergie, concepten en illusie. Dr. Daan Kuiper deponert een aantal stellingen;

Stelling 1: Added value is eerder winstgevend bij transparantie en meetbaarheid. Knelpunten in de keten kunnen beter worden opgespoord.

Stelling 2: Toepasbare sensortechnologie is qua technisch niveau OK  
Er zijn geen bottlenecks, door slim in te kopen en slim te leren van buiten kan veel gewonnen worden.

Stelling 3: In de meeste gevallen maakt de goed werkende sensor zichzelf bijna overbodig. Dus te duur en niet goed nagedacht over concepten.

Stelling 4: We meten op de verkeerde plek van de keten. Vaak meer monitorend dan sturend scharnierpunt.

Stelling 5: Gat in de markt: 'een concept'

- a. registratiepunt vaststellen
- b. inzet hoogwaardige sensor
- c. dataverzameling en data mining
- d. installatie van system-in-sensor

De ketens zijn meer gebaat bij creatieve en conceptuele denkers en bruggebouwers.

Er is gemeenschappelijk belang, commitment en communicatie is nodig. Kwaliteitsmerkers moeten worden aangelegd en gewenste data en metingen vastgesteld EN DAN PAS SENSORS integreren.

Dus Sensor weet je plaats. Waak voor de virtuele sensor.

Na de afsluiting van dit laatste scenario gaat de dagvoorzitter de heer Van Kooten over tot de integrale discussie.

## 5.2- Discussie

Van Kooten pakt de plenaire discussie op met te vragen naar ervaringen van de workshops. Het is de bedoeling dat de discussie leidt tot een centrale visie op de praktische implementatie van sensorentechnologie. Is er sprake van een gap tussen research en praktijk? Zo ja, hoe kunnen we die dichten? Zo nee, hoe verloopt de verdere implementatie optimaal? Zijn er kansen en bedreigingen, zijn er speciale voorwaarden etcetera.

3 gebiedenspelen een rol

- Ø Wat heb je direct nodig?
- Ø Ga niet direct aan de slag; denk eerst na!
- Ø Welke plek in de sector heeft sensoren?

De huidige inrichting van ketens is een belemmering voor verdere invoering van sensorentechniek. Sensoren in verpakkingen kunnen worden geëist door afnemers zoals bijvoorbeeld supermarkt ketens. Echter niet alle schakels hebben er belang bij.

Op dit moment worden er alleen sensoren gebruikt als dit nodig is om claims te vermijden. Met resultaten van voortdurende metingen via sensoren kan dan worden aangetoond in welke fase een vracht bederfelijk product sterk in kwaliteit verminderde.



Er wordt gezegd dat het begrip 'keten' niet altijd als zodanig kan worden opgevat. Vaak zijn er contouren van een keten zichtbaar maar werkelijke gesloten ketens zijn er maar weinig. Met werkelijke ketens wordt bedoeld een geheel van schakels van productie tot en met consument waarin wordt samengewerkt door opeenvolgende schakels. Bijvoorbeeld in de productie en afzet van sierplanten is maar zelden sprake van een echte keten.

Het zou mooi zijn als alle partijen zouden samenwerken in ketens en wellicht zijn hier grote voordelen uit te halen maar dit komt niet overeen met hoe het werkelijk is. Het is zoals het is wordt er gezegd. Ketens bestaan als alle partijen er belang bij hebben.

Om de sensorentechniek ingevoerd te krijgen kan met het beste starten in gesloten ketens. Laat claims in het begin de motivator zijn. So wath! Wordt er gezegd. Er zijn te veel gezamenlijke voordelen om het niet op te pakken. Hierna ontstaat vanzelf de vraag naar de technieken omdat de ketens effectiever en efficiënter blijken te werken. En dit heeft zijn invloed op de kostprijs van de producten.

Hoe gaan we nu zorgen dat de ontwikkelingen die er zijn ook daadwerkelijk aansluiten bij de wensen die er zijn. Zoals al gezegd het begint met claims. Deze claims van afnemers van bijvoorbeeld bederfelijke producten die moeten worden omgezet in meetproblemen. De meetproblemen in de hele keten moeten worden omgezet in praktijksituaties. De vraag en de ontwikkeling moet bij elkaar worden gebracht.

Een ontwikkeltermijn voor een sensor voor een bepaald doel duurt ten minste 15 jaar wordt er gezegd. Hierop wordt gereageerd met de mededeling dat we nog steeds bezig zijn met technopush. Dit moet anders: ga met probleemhouder het ontwikkelproces in. Daarbij hoort gedoseerde marketing.

We willen een claim-reductie-sensor wordt er gezegd.

Hoe lang wil een teler wachten op een sensor die aan zijn behoeften voldoet? En hoeveel wil hij er voor betalen?

Dit is afhankelijk van de alternatieven en mogelijkheden voor afdekking van risico's via verzekeringen. Er komt naar voren dat er geen bedrijf is dat wil investeren in een mogelijke oplossing voor een mogelijke claim.

De overheid zou investeringen kunnen stimuleren.

We hebben geleerd 'meten is weten' maar we willen vaak niet weten. We willen weten wat er beschikbaar is. De markt is bereid sensorentechniek toe te passen maar het moet wel toegevoegde waarde hebben.

De meest kritische plaatsen zijn die waar de meeste waarde wordt toegevoegd. Ideeën verkopen werkt echter niet; je moet investeren. Doe dit samen met de gebruikersgroepen.

De discussie in de zaal gaat verder en een teler zegt dat hij als teler consument is van sensoren. Hij zegt geen sensor te zoeken maar een product. De vraag waar de klant geld aan uit wil geven staat volgens hem centraal bij wel of niet investeren in sensoren. Na 15 jaar ontwikkeling ligt het product nog steeds in de kast en wordt niet gebruikt.

Sensoren ontwikkelaars in de zaal geven aan dat binnen 1 jaar op basis van bestaande kennis en sensortechnologie de meeste vraag naar producten met daarin sensoren of combinaties hiervan leverbaar zijn.



Er wordt aangegeven dat een kenmerk voor de tuinbouw is dat eigen data worden afgeschermd. Informatie hieruit is voor eigen gebruik bestemd. De slag naar de markt waarin de tuinbouw nu zit heeft tot gevolg dat commerciële informatie minder snel voor de sector beschikbaar komt.

De vraag is wat individueel belang is en wat collectief belang. Hebben we mechanismen om de belangscheiding boven tafel te krijgen?

Heeft de keten een probleem? De hele keten moet wel hetzelfde probleem ervaren. Ook de handel. Begin bij gesloten ketens, als je samen kosten kan verlagen en daarin gelooft, en de technieken passen op elkaar dan heb je potentie tot samenwerken. Want je hebt vaak de gehele keten nodig om tot maximaal voordeel te komen.

Bijvoorbeeld: wie kan mij morgen iets leveren waarmee ik de planten ziekte botrytisch kan vaststellen in planten in bewaring? Met alle techniek zijn we er. Ook qua prijs. Echter het probleem wordt niet gemanaged waardoor het blijft bestaan.

Gooien we geld weg met het oppikken en invoeren van nieuwe technische (kennis van) sensoren? Nee in de tuinbouwketens hebben we veel te maken met levende producten die logistiek goed begeleid en gemonitord moeten worden. Daar hebben we sensoren voor nodig.

We praten veel langs elkaar heen is een van de conclusies. Er is kennis en er zijn sensoren en toepassingen beschikbaar. Het wordt onvoldoende mogelijk om de zaken op de pakken doordat er te weinig bekend is in de sector. Het probleem zit niet in het feit dat de oplossing niet panklaar is. Het probleem is de verspreiding van de kennis. Wie doet het wie neemt het initiatief. We zijn te veel met hokjes denken bezig. De kennisdoorstroming op gebied van sensoren, Bijvoorbeeld beeldherkenning is al een succes.

## 7- Conclusies

De leden van de Federatie Agrotechniek (FA) en tuinders richten zich in geringe mate op sensoren en sensortechnieken en het gebruik van sensoren in hun producten. Dit komt voornamelijk omdat ze weinig kennis bezitten over de nieuwste sensortechnieken en hun toepassingsmogelijkheden.

Er is tevens geconstateerd dat de tuinders behoefte hebben om hun bedrijfsprocessen verder te optimaliseren. Schaalvergroting en meer internationaal werken zijn geschetste toekomst scenario's door vertegenwoordigers van deze ondernemers. On-line en volledig geautomatiseerd kunnen managen van bedrijfsprocessen is hier een belangrijk onderdeel van. Maar ook het voorkomen claims door tijdige signalering is aan de orde. Sensoren zullen hierin een essentieel onderdeel vormen.

Er blijkt ontzettend veel kennis voorhanden te zijn en de toepassingsmogelijkheden zijn nog niet uitgeput. Daarnaast wordt er nog steeds onderzoek gedaan waardoor voortdurend nieuwe en verfijndere technieken op de markt komen. Dit onderzoek mede richting geven door kennisoverdracht vanuit de markt zal de leden voortdurend nieuwe mogelijkheden opleveren.

Sensoren vormen extra zintuigen om te meten en te weten waardoor gebruikers on-line op de hoogte kunnen zijn van de conditie van bijvoorbeeld bederfelijke producten of groeiprocessen van planten in kassen. Continu optimalisatie en verbetering van de processen in bedrijven en in ketens is mogelijk. Sensoren zijn uitmuntende schakels in geautomatiseerde managementprocessen.

Behalve in bedrijven kunnen sensoren een verbindende rol spelen in ketens waarbij alle partijen voordeel kunnen hebben. Echter er is geconcludeerd dat het begrip 'keten' nader gedefinieerd dient te worden. Ketens bestaan zolang de belangen van de betrokken partijen stroken en zijn in die zin gelegenheidsverbanden tussen verschillende schakels. Vastleggen door middel van afspraken is nauwelijks te doen. Mogelijk geven juist sensoren meer vrijheid van handelen en door on-line, snel en betrouwbaar te kunnen handelen ontstaan voortdurend ketenachtige gelegenheidsverbanden die zich automatisch ontbinden of veranderen indien de markt hierom vraagt. Dus vraaggestuurde ketenactiviteiten.

### Kansen

Genoemd zijn de vraag naar sensortechnieken voor optimalisatie van productieprocessen, opslag van producten, kwaliteitsbewaking. Ook voor tracking & tracing. De producerende klanten willen jaarrond een betrouwbaar product van het gewenste kwaliteitsniveau kunnen leveren. Er is behoefte via sensortechniek metingen te verrichten om vast te stellen of er ongewenste micro- organismen aanwezig zijn in tuinbouwproducten.

Op gebied van dienstverlening is het van belang dat diensten, snel, flexibel en vooral ook betrouwbaar worden geleverd tegen een concurrerende prijs. De markt wil 24 uur per dag gebruik kunnen maken van diensten tegen een zo laag mogelijk tarief. De informatie moet transparant zijn, on-line en beschikbaar. Transacties moeten snel, goedkoop en betrouwbaar verlopen. Hierin kunnen sensoren een rol spelen.

Uit de plenaire sessie kwam naar voren dat vitaal houden van bijvoorbeeld sierplanten tijdens het vervoer en alle handelingen die daarbij horen van wezenlijk

belang is. Het monitoren hiervan door middel van sensoren is wenselijk. Er zijn sterk wisselende condities in de keten.

Echter het is eveneens van belang te starten met een vitale plant. Dus ook monitoring van groeiomstandigheden is van belang. Sensoren in tuinbouwtechnieken kunnen hierin een verbindende rol spelen. Te denken valt aan metingen van licht, waterconditie, ziekte en plagen, EC en pH-getal. De levensduur van de sierplanten bij de consument moet voorspelbaar worden.

Op gebied van kwaliteit, arbo, energie en innovatieve technieken die hiermee te maken hebben kunnen sensoren een rol spelen. Er zijn genoeg collectieve belangen. Wie gaat hiervoor gaat betalen blijft nog even de vraag. Sensoren spelen een onmisbaar onderdeel in volledig geautomatiseerde teelten. De mogelijkheid ontstaat om mythen over uitgangskwaliteit van producten te kwantificeren. Data die verworven worden middels sensoren kunnen worden benut voor tal van doeleinden om betere rendementen te behalen.

Er is een gemeenschappelijk belang, commitment en communicatie is nodig. In de keten moeten kwaliteitsmerkers worden aangelegd en de gewenste data en metingen vastgesteld. Hierna pas sensoren integreren.

Op dit moment worden in ketens alleen sensoren gebruikt om claims te vermijden. Om behalve in de bedrijven ook in de ketens sensortechnologie te integreren kan met het beste beginnen met gesloten ketens. Hierna ontstaat vanzelf vraag omdat deze ketens effectiever en efficiënter blijken te werken. Dit heeft zijn invloed op de kostprijs van de producten.

Sensor ontwikkelaars geven aan dat binnen een jaar op basis van bestaande kennis en sensortechnologie de meeste vraag naar producten met daarin sensoren of combinaties hiervan leverbaar zijn. Onderzoek en ontwikkeling van een nieuwe sensortechnologie neemt ongeveer 15 jaar in beslag.

Er is kennis en er zijn sensoren en toepassingen beschikbaar. Er is behoefte aan sensoren bij de tuinders. Het probleem zit hem niet in het feit dat de oplossing niet panklaar is. Het probleem is de verspreiding van kennis. Kennisdoorstroming op gebied van sensoren.

## Hoofdpunten kennispositie

1. Er is bij de leden van de Federatie Agrotechniek (FA) en de tuinders veel minder kennis over sensortechnologie aanwezig dan er beschikbaar is.
2. Mede door de kennisachterstand wordt bestaande sensortechnologie onvoldoende benut. Er zijn voldoende zinvolle toepassingsmogelijkheden denkbaar.
3. Voor het deel van de beschikbare sensortechnologie waarvoor nog geen toepassingen zijn in tuinbouwtechnieken, is voorafgaand onderzoek aan te bevelen. Hierdoor kan betere integratie worden bevorderd in de toekomst.
4. Gezien de behoeften in de markt kunnen de leden hun concurrentiepositie verbeteren door gebruik te maken van de bestaande sensortechnologie en de kennis hierover.
5. Er is vraag naar optimalisatie van processen in bedrijven en sensoren zijn hierin een onmisbare schakel. Starten bij marktleaders in de tuinbouw is aan te bevelen omdat zij willen investeren in nieuwste technieken en voorop willen blijven lopen.



Doordat de marktleiders verder gaan optimaliseren zal er bij de volgers noodzaak ontstaan om dit ook te doen.

6. Sensortechnieken spelen een belangrijke rol bij optimalisatie van ketens. Alle betrokken partijen in de keten kunnen er hun voordeel mee doen. Enerzijds voor het afdekken van aansprakelijkheid en anderzijds voor kostenbesparing en kwaliteitshandhaving.
7. Verwacht wordt dat de integratie van sensortechnologie in ketens moeizaam zal verlopen omdat er veel belangenpartijen in aanwezig zijn. De ene schakel geeft nu nog de problemen door aan de volgende. Om dit te doorbreken is aan te bevelen te beginnen in gesloten ketens.
8. Om tot invoering van de nieuwe technieken te komen om daarmee de concurrentiepositie van de leden van de FA en tuinders te verstevigen, is het projectmatig verspreiden van de kennis in de tuinbouwbranche van wezenlijk belang.

## 8- Activiteitenplan

Om kennis over de technologische vernieuwing op gebied van sensoren over te dragen en de ondernemers binnen de branche te stimuleren deze vernieuwingen in te voeren is een kennisoverdrachtproject als vervolg op deze studie aan te bevelen.

De over te dragen kennis ligt niet alleen op gebied van de nieuwe bestaande sensortechnologie zelf maar ook op gebied van de technische, organisatorische en financiële belemmeringen als gevolg van het toepassen van deze technologie en hoe deze belemmeringen weg te nemen. Ook niet aangesloten leden kunnen worden geïnformeerd. Dit zal de branche vooruit helpen.

Door uitvoering van onderstaand activiteitenplan kan worden voldaan aan de behoeften van de ondernemers en kunnen zij hun concurrentiepositie op verschillende markten versterken.

### Juni 2004:

- Ø waar mogelijk verder verspreiden van de informatie uit het kennispositieproject. Dit kan onder andere door middel van nog meer persberichten, artikelen in vakbladen en het toezenden van informatie.
- Ø Nagaan bij de tuinders en verdere brancheleden welke behoeften en vragen er nog meer leven naar aanleiding van de toegezonden informatie over het kennispositieproject.

### Juli 2004:

- Ø Evaluatieronde met de projectgroep, met leden van de FA, (vertegenwoordigers van) tuinders en verdere partijen die betrokken waren.
- Ø Toetsen of de studie voldoende informatie heeft opgeleverd om door te kunnen gaan met het overdragen van kennis over sensortechnologie.
- Ø Bepalen welke manieren van kennisoverdracht het beste passen bij de leden van de FA hun de tuinders en andere belanghebbenden.

### Augustus 2004:

- Ø Voorbereidingen treffen voor een vervolg op de kennispositiestudie.
- Ø Een projectgroep samen laten stellen voor uitvoering van een kennisoverdrachtproject.
- Ø Aanvullende informatie verzamelen. Overleg en bepalen van prioriteiten.
- Ø Het schrijven van een projectplan voor het overdragen van de kennis.

### September/oktober 2004 -..

- Ø Starten met de uitvoering van het kennisoverdrachtproject.

