

## Microsystem technology: Exploring Opportunities

## Boekbespreking

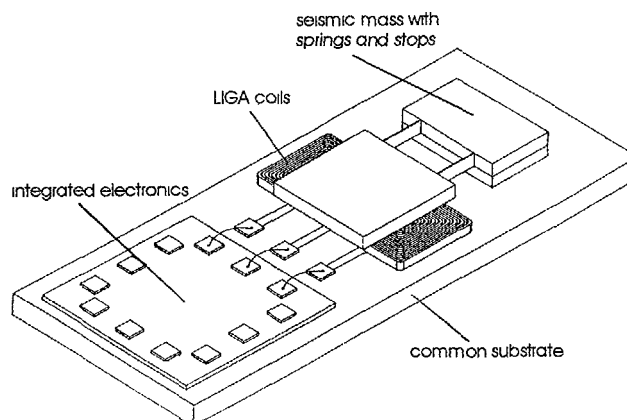
Zoals u in Mikroniek heeft kunnen lezen zal de komende tijd extra aandacht besteed worden aan Micro-systeem technologie (MST). De technologie van dergelijke systemen is vandaag de dag realiteit. Microsystemen worden succesvol toegepast door verschillende industrieën. Echter de grote doorbraak in bijvoorbeeld nieuwe toepassingen en de daarmee gepaarde technologische innovatie loopt minder voorspoedig dan verwacht. Binnen Europa, met name Zwitserland, Duitsland, Nederland en België, wordt veel basisonderzoek verricht naar (nieuwe) MST toepassingen, waarbij vooral de technische kennis en vaardigheden centraal staan. Deze technische ontwikkeling kan beschouwd worden als de opvolging van de bestaande IC-technologie. De toepassing is echter veel breder. Daarom wordt juist daar veel onderzoek naar verricht. Zojuist is er een rapport verschenen van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) waarin de mogelijkheden van MST worden bekeken, welke stappen er moeten worden genomen om MST meer te exploreren en wat de rol van het midden- en klein bedrijf (MKB) hierin kan zijn. Een van de constatering van het rapport is dat er een hiaat bestaat van de kennistransfer op het gebied van MST tussen de (Nederlandse en Belgische) onderzoeksinstituten en laboratoria en het MKB. Als redactie van Mikroniek zien wij het mede als taak deze barrières te slechten. Met het rapport als uitgangspunt zetten we de mogelijkheden van MST en de conclusies van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek op een rij. Het rapport 'Microsystem technology: Exploring Opportunities', is te verkrijgen via de uitgever (Samsom BedrijfsInformatie) op telefoon 01720-66800.

De publikatie 'Microsystem technology: exploring opportunities' is het resultaat van een tweejarige verkenning van de microstroomtechnologie. Voor

dit project, heeft STT gebruik kunnen maken van de kennis en ervaring van een groot aantal Nederlandse en Europese deskundigen. Omdat er vanuit de industrie veelal kritiek is op het technology-push-karakter van MST heeft STT gepoogd de behoefte centraal te stellen. Aan het eind van het rapport worden de technische realisaties kort behandeld in aparte appendices.

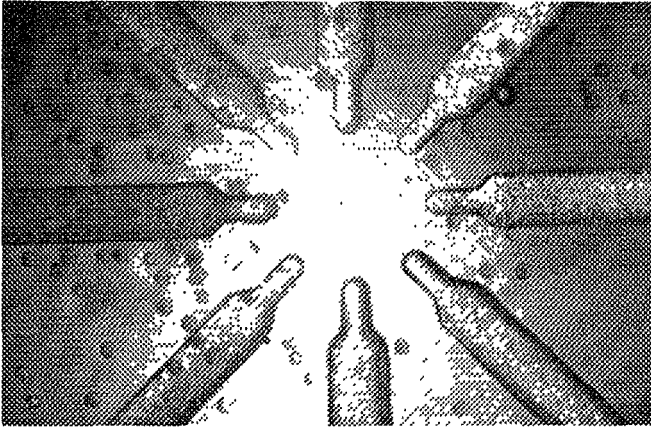
In het eerste hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de achtergrond en de historische ontwikkeling van MST. MST is gedefinieerd als de verzameling van alle technologieën die nodig zijn om producten en componenten te maken die afmetingen hebben kleiner dan enige millimeters. Zodra er componenten met dergelijke afmetingen worden ingezet in half- of eindproducten is er sprake van microstroomtechnologie. De componenten waaraan gedacht kan worden, zijn microsensoren, micro-actuatoren en microsystemen. Deze laatste groep bestaat uit de combinatie en integratie van sensoren en actuatoren met een zekere mate van intelligentie. N.b. in het artikel van J. Flutman, Mikroniek 34 (1994)<sup>3</sup> wordt een uitgebreid overzicht gegeven van de diverse mogelijkheden van deze integratie. Het rapport constateert dat de wereldmarkt in microsystemen in 1990, 13 miljoen gulden bedroeg en naar verwachting zal groeien tot 70 miljoen in 2000. De markt blijkt op dit moment gelijk verdeeld tus-

sen Europa (34%), Japan (25%) en de USA (38%). Hoofdstuk twee beschrijft de basis van de microstroomtechnologie. Besproken worden de productietechnologie, hybride en monolitische microsystemen en miniaturisatie van energiebronnen. Silicon micromachining is een verzameling productietechnologieën die gebaseerd is op etsen en depositie van silicium en siliciumverbindingen. Hierbij wordt met name gebruik gemaakt van het selectief (anisotropisch) etsen van silicium. Een tweede verzameling productietechnologieën is de fijnmechanica, die bestaat uit klassieke technologieën zoals microfreesen maar ook uit moderne technieken zoals laserbewerkingen. Het grote voordeel van deze traditionele technieken boven de moderne etstechnieken ligt vooral in het vrije gebruik van verschillende materialen, variërend van metaal, kunststof tot keramiek. Speciale aandacht wordt gegeven aan een veelbelovende techniek (LIGA) die een combinatie is van lithografie en galvanisatie. M.C. Dierseluis heeft in Mikroniek 34(1994)<sup>1</sup> in een uitgebreid artikel aandacht besteed aan deze techniek. De verwachting is dat al deze technieken zullen leiden tot hybride en monolitische componenten en systemen. Bij hybride systemen worden de afzonderlijke elementen geproduceerd met de meest geschikte technologie en vervolgens geassembleerd; bij monolitische



Figuur 1 Microstroom met gering energieverbruik

## Boekbespreking



Figuur 2 Eenvoudige microstructuur

systemen wordt het hele systeem gintegreerd geproduceerd. De verwachting is dat hybride systemen in eerste instantie de belangrijkste rol zullen spelen en dat pas later monolithische systemen op de markt zullen komen.

### Energie

Energie speelt in alle microsystemen, zie figuur 1, een rol. Miniaturisatie van energiebronnen is daarom een essentiële factor. Uit het gepresenteerde overzicht van de ontwikkelingen van energiebronnen wordt geconcludeerd dat het ontbreken van geschikte batterijen en accumulatoren een beperking zal zijn bij de toepassing van MST. Belangrijk bij het onderzoek is de behoefte aan MST in instrumentatie voor de industrie, het milieu en high-end toepassingen. Daarbij zijn de te vervullen functies het uitgangspunt. De functies die in verschillende toepassingen worden besproken zijn meting, inspectie, automatisering, informatieverwerking en identificatie. In vier voorbeelden worden de kansen van MST nader uitgewerkt, waarbij de gebruikerseisen, de potentiële markt en de mogelijkheid voor productie worden toegelicht.

### Marktverwachting

Het blijkt dat de marktverwachting voor MST in instrumentatie groot is, maar dat het de grote vraag is wanneer succesvolle systemen op de markt komen. Op korte termijn worden sensoren en eenvoudige microstructuren, zie figuur 2, op de markt voorzien. Het midden- en kleinbedrijf zal een belangrijke rol kunnen spelen bij de toepassing van MST in instrumentatie. Het perspectief voor de langere termijn is minder dui-

delijk en hangt af van de mate waarin een aantal drempels kunnen worden genomen. Belangrijke drempels zijn de moeizame transfer van MST naar applicaties, het interesseren van eindgebruikers en het denken in systemen bij het ontwerpen van MST-producten. De conclusie van het hoofdstuk is dat MST veelbelovend is, ondanks de drempels die moeten worden genomen

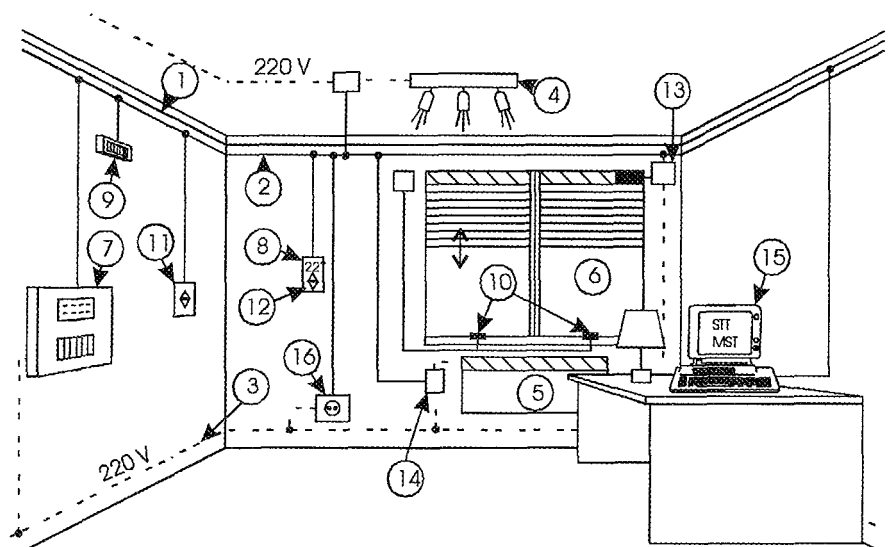
### Medische technologie

Het toepassen van MST in medische technologie neemt een aparte plaats in het rapport. Voor acht medische disci-

plines wordt de relevantie van MST aan de hand van voorbeelden toegelicht. De voordelen van MST liggen bij de mogelijkheid tot een snelle en accurate diagnose, een gerichte en zeer lokale behandeling en de ondersteuning of vervanging van lichaamsfuncties. In een voorbeeld, een closed-loop bewakingssysteem, zie figuur 3, worden de gebruikerseisen en de productie van het op MST gebaseerde systeem uitgewerkt.

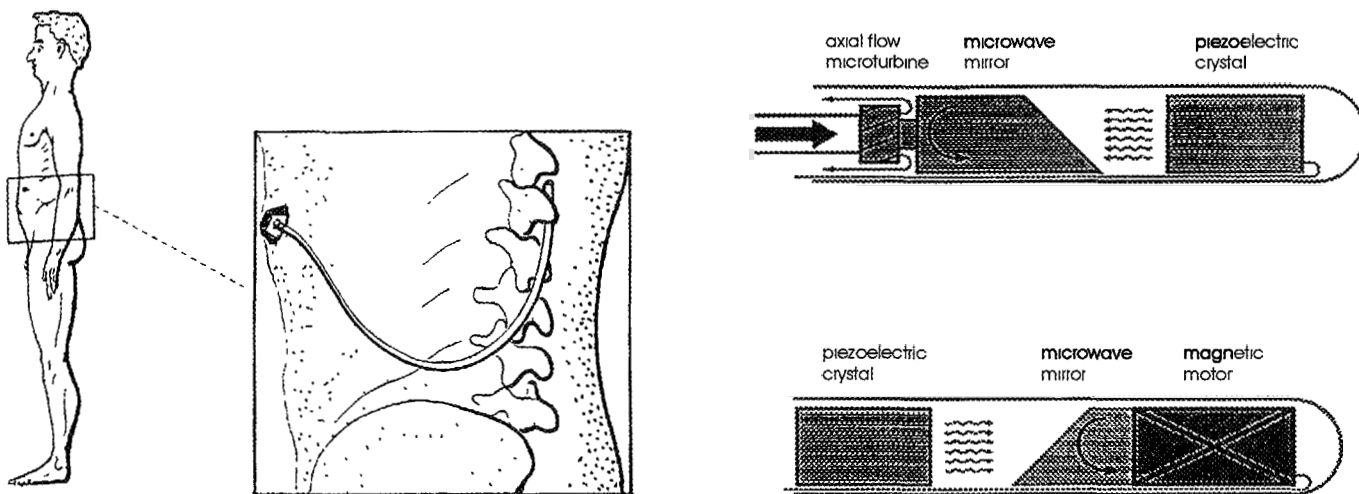
De markt voor medische toepassingen van MST is complex door de hoge eisen die worden gesteld door medici en overheid, en door het relatief lage marktvolume. De verwachting is dat de medische markt een volger zal zijn op MST-gebied en dat voor succesvolle applicaties samenwerking van kleine en grote bedrijven noodzakelijk is. Met name voor kleine bedrijven lijkt er een groot aantal kansen te liggen voor relatief eenvoudige systemen, zoals bijvoorbeeld systemen voor naast het bed van de patient, en voor producten voor thuiszorg, zie figuur 4.

Het potentieel van MST en de mogelijke voordelen zijn enorm, met name in het licht van de toenemende aandacht voor thuiszorg, non-invasieve technie-



- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 communication, network    | 9 presence detector             |
| 2 technical control network | 10 window control               |
| 3 power supply 220 V        | 11 light control                |
| 4 lighting                  | 12 heating control              |
| 5 heating                   | 13 blind actuator               |
| 6 blinds                    | 14 power control heating        |
| 7 central control panel     | 15 PC, fax etc.                 |
| 8 temperature sensing       | 16 automated electrical contact |

Figuur 3 Intelligent gebouw



Figuur 4 Geïmplanteerde medicijnleverancier

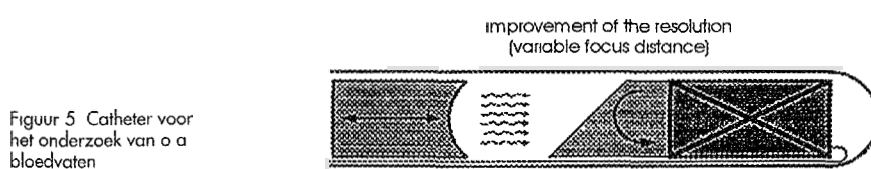
ken en revalidatie. Om echter te kunnen profiteren van deze kansen moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan, zoals coördinatie van onderzoek en ontwikkeling, het betrekken van medici bij ontwikkelingen en eenduidige Europese regelgeving. Daarnaast moet reeds in het hoger en universitair onderwijs aandacht worden gegeven aan MST.

**Consumentenprodukten**

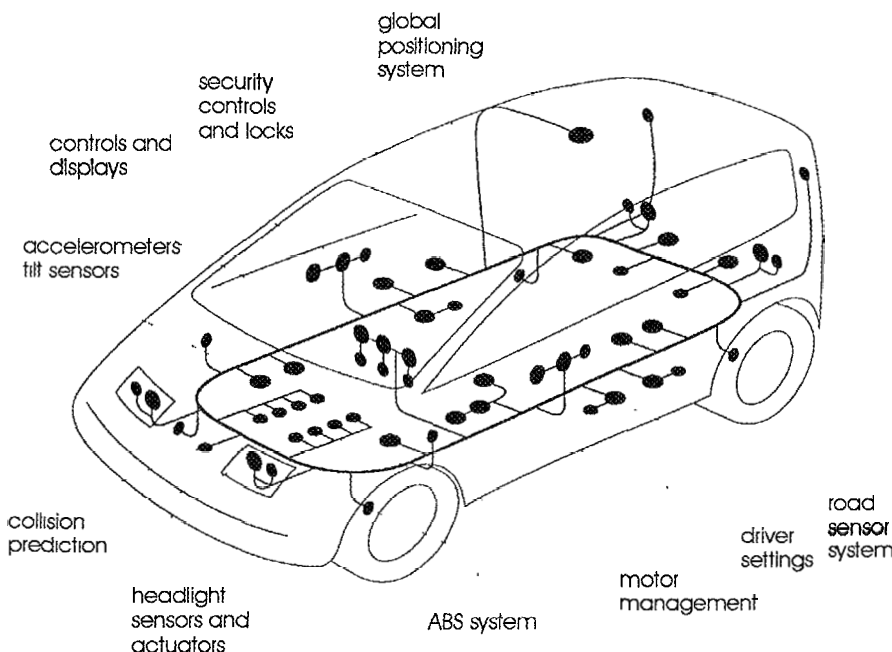
Een volgend hoofdstuk geeft een overzicht van mogelijke toepassingen van MST in consumentenprodukten. Succesvolle toepassingen, zie figuur 4, zijn op het moment nog schaars. De nieuwste digitale opneem- en afspelapparatuur maakt echter reeds gebruik van MST en de verwachting is dat MST een belangrijke bijdrage zal leveren aan verdere miniaturisatie van informatie-dragers. In het hoofdstuk worden een zestal voorbeelden gegeven, waaronder ideeën voor automobieltechniek en telecommunicatie. Twee uitgewerkte cases worden besproken; beide betreffen produkten voor persoonlijk gebruik, namelijk een veiligheidssysteem en een gezondheidanalysesysteem.

**Sensoren**

tabel 5.3 Het marktmechanisme voor consumentenprodukten leidt ertoe dat MST alleen zal worden toegepast als er een duidelijke behoefte aan is, zie figuur 6. Daarnaast zijn consumentenprodukten kostprijsgevoelig, en het idee is dat succesvolle toepassingen



Figuur 5 Catheter voor het onderzoek van o.a bloedvaten



Figuur 6 Mogelijke sensoren in een auto

van MST eerst in professionele produkten zullen plaatsvinden. Zodra er echter een consumentenmarkt ontstaat zal de economische betekenis aanzienlijk zijn en zullen ook buitenlandse producenten op deze markt verschijnen. Ook de

maatschappelijke invloed kan groot zijn, zoals bijvoorbeeld die van een draagbaar systeem dat de persoonlijke gezondheid analyseert. De introductie van MST in consumentenprodukten kan worden versoepeld door de aan-

## Boekbespreking

wezigheid van een algemene infrastructuur. Met name de mogelijkheid om haalbaarheidstudies te laten uitvoeren kan ertoe bijdragen dat bedrijven MST gaan gebruiken in hun produkten. Verder is coördinatie van onderzoek en samenwerking in produktontwikkeling noodzakelijk. Promotie van de mogelijkheden van MST bij de eindgebruiker zal er tevens toe bijdragen dat deze technologie gemakkelijker wordt geaccepteerd. Naast de medische en consumptieproducten wordt er een overzicht gegeven van agrarische toepassingen van microsystemen. De nadruk ligt in het hoofdstuk op landbouw, veeteelt, tuinbouw en voedingsmiddelenindustrie. Voor ieder van deze sectoren wordt een voorbeeld gegeven en is een case uitgewerkt. Bij deze cases worden de technische vereisten beschreven en de economische randvoorwaarden aangestipt. De meeste toepassingen zullen naar verwachting dienen ter verhoging van de efficiency, verbetering van de kwaliteit en beheersing van ongewenste emissies.

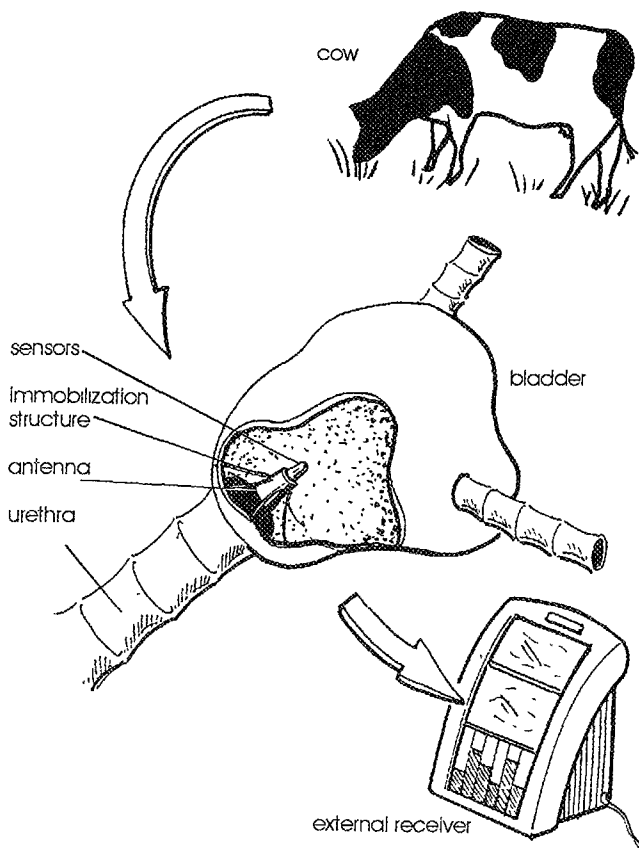
**Biosensoren**

In de agrarische sector zijn de aantallen groot en bestaat er een duidelijke behoefte aan gegevens voor beheer en controle, zie figuur 7. Tevens kan MST bijdragen aan duurzame en milieuvriendelijke landbouw en veeteelt door bijvoorbeeld gerichte dosering van meststoffen en bestrijdingsmiddelen. Op korte termijn worden toepassingen verwacht op het gebied van sensoren, op de lange termijn kan de toevoeging van intelligentie leiden tot complete microsystemen. Vanwege het conservatieve karakter van deze sector en de lage marges zal MST alleen worden toegepast als er dwingende economische of maatschappelijke redenen voor zijn. Een belangrijke drempel is de diversiteit in de regelgeving. Uniforme (Europese) regels zijn daarom essentieel. Verder is het noodzakelijk om gebruikers, ontwikkelaars en universiteiten te betrekken bij de ontwikkeling van MST-produkten. De bewustwording van MST kan worden gestimuleerd door het onderwerp op de onder-

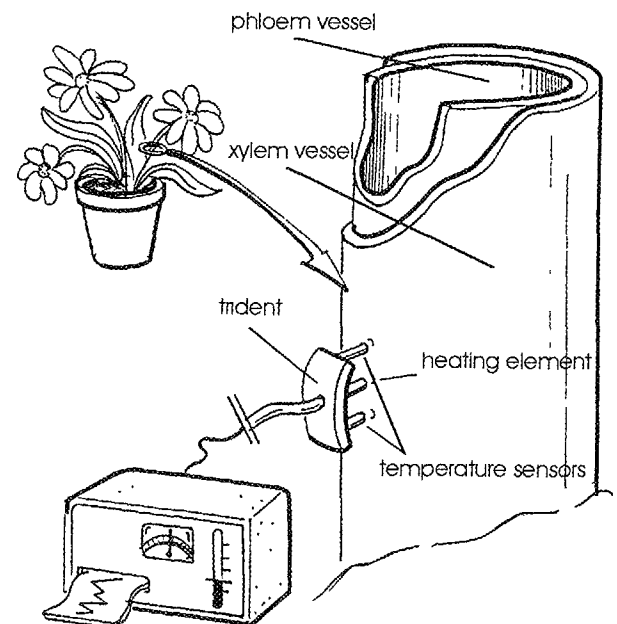
wijsagenda te plaatsen van de landbouwuniversiteit en de hogere agrarische scholen.

**Produktiefaciliteiten**

In hoofdstuk 7 wordt behandeld wat er nodig is voor het ontwerpen en de produktie van microsystemen, zie figuur 8. Daarbij wordt speciale aandacht gegeven aan het midden- en klembedrijf (MKB), omdat er grote kansen liggen voor produkten in nichemarkten met een jaarlijkse omzet van 1000 tot 100 000 stuks. Testbaarheid en produceerbaarheid zijn items waaraan bij het ontwerp reeds aandacht moet worden gegeven. Dankzij de grote diversiteit in technologieën zijn er in het algemeen verschillende manieren om een produkt te realiseren. Dit wordt geïllustreerd met enkele voorbeelden van analysesystemen. Voor een van de componenten van deze systemen, namelijk een micropomp, wordt een systematische methode gepresenteerd waarmee de benodigde produktiestappen in kaart kunnen worden gebracht.



Figuur 7 Hormoon detector bij een koe



xylem vessels  
 - water with anorganic substances  
 - measurement of ionic substances

phloem vessels  
 - water with organic compounds  
 - measurement of organic substances

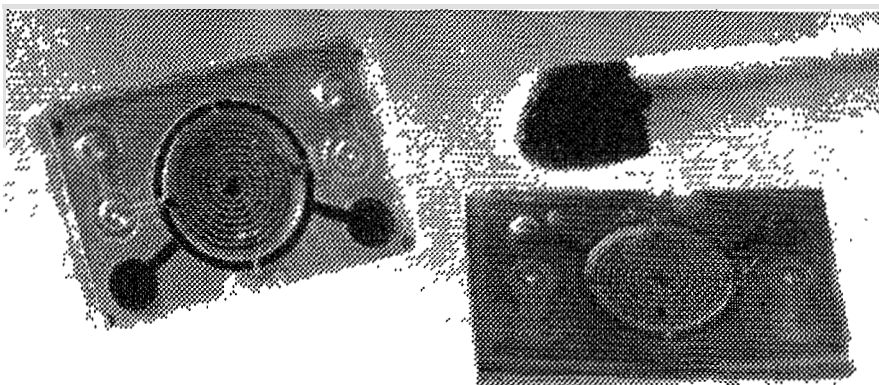
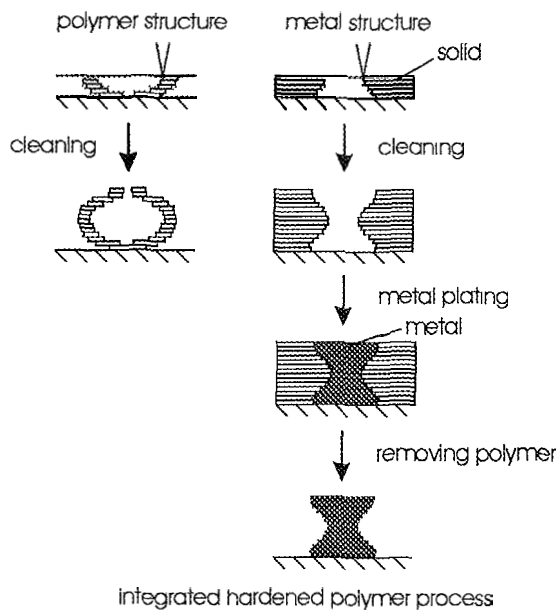
Figuur 8 Voedingsdetector bij een plant

### MST-centrum

Omdat het MKB onmogelijk alle benodigde technologieën in huis kan hebben, wordt voorgesteld een MST-centrum op te richten. Dit onafhankelijke centrum kan bedrijven assisteren bij het vinden van oplossingen, zie figuur 9, en kan aangeven waar de benodigde technologieën beschikbaar zijn. Tevens kan het centrum de technologieën die op de markt ontbreken zelf aanbieden. Het rapport besluit, naast de eindconclusies, met de toekomstverwachtingen en de kansen van MST. Tevens wordt de visie van het Europese netwerk voor microstelseltechnologie

(NEXUS) kort toegelicht. De verwachting is dat MST-producten volgens twee routes op de markt zullen worden geïntroduceerd: producten met een hoge omzet en lage kosten, en gespecialiseerde producten voor nichemarkten. MST-producten zullen bestaande functies verbeteren of functies toevoegen, maar er zullen ook geheel nieuwe producten op beide markten verschijnen. Bedrijven waarvoor MST kansen biedt zijn organisaties die componenten maken, zoals sensoren en actuatoren, assemblagebedrijven die een aantal componenten samenvoegen tot systeemmodulen en bedrijven die de

componenten en modulen in hun eindproduct toepassen. Daarnaast is er behoefte aan de omzetting van MST-onderzoek en -kennis in producten. Dit vraagt bedrijven die actief potentiële gebruikers van MST benaderen voor deelname in de produktontwikkeling. Bewustwording en onderwijs zijn van groot belang voor het succes van MST. In het onderwijs moet daarom speciale aandacht worden gegeven aan de systeembenadering die MST vraagt. Daarnaast moeten het ontwerp en de produktietechnologieën van MST worden onderwezen. Omdat Nederland en België een goede kennisbasis hebben, zijn er voldoende kansen om een rol te spelen in MST. Op dit moment worden er op verschillende plaatsen in de wereld reeds voorbereidingen getroffen voor activiteiten in MST; het is van belang tijdig voor een MST-basis te zorgen. Innovatieve markten waarin MST kan worden toegepast, zijn consumentenelektronica, telecommunicatie en instrumentatie (bijvoorbeeld medisch en ruimtevaart). Daarnaast zijn er kansen voor toeleverende bedrijven aan de automobiellindustrie. De agrarische sector in Nederland loopt ten slotte in de wereld voorop wat betreft de toepassing van technologie, en heeft daarmee een goede uitgangspositie voor MST-toepassingen.



integrated fluid system

### Conclusies en aanbevelingen

Uit het rapport blijkt dat een aantal drempels moet worden overwonnen voordat MST grootschalig zal worden toegepast. De overheid kan een belangrijke rol spelen bij het nemen van deze drempels. Eventuele acties van de nationale overheid zouden de volgende componenten moeten bevatten

- de initiatie van een aantal demonstratie-projecten, zo mogelijk via public purchase-contracten,
- een programma voor de stimulering van produktontwikkeling;
- de opzet van een onafhankelijk MST-centrum;
- een programma voor het op peil houden van de goede kennisbasis. Bij dergelijke programma's is de betrokkenheid van de industrie essentieel; deze moet zelfs als voorwaarde worden gesteld.