

# Van pionieren naar technologische verfijning

## Sensoren in de lift: vier trends

Sensoren en gouden bergen: graag worden ze door marktvoorspellers met elkaar geassocieerd. De praktijk valt al jaren tegen - de integratie van sensoren in producten en processen verloopt nog uiterst moeizaam. Sensoren zijn namelijk ook gewoon moeilijk, maar nu gaat er een kentering komen. Van diverse kanten zijn er krachten aan het werk om deze te bewerkstelligen.

Dr.ir. A.W. van Herwaarden en ir. F.G. van Herwaarden, Xensor Integration ([www.xensor.nl](http://www.xensor.nl))

Actieve participatie vanuit nationale en Europese overheden, vraag vanuit de markt en de ontwikkeling van micro-elektronica: dit zijn momenteel belangrijke stimulerende krachten voor het commerciële gebruik van sensoren. Bovendien is er ondersteuning van deze krachten door de toenemende kennis over sensoren en hun gedrag in toepassingen, en de mogelijkheden om die kennis praktisch toe te passen. De voortschrijdende automatisering van elektronica-integratie maakt dat de vervaardiging van smart sensors (met verwerkingselektronica op de sensorchip) steeds meer binnen bereik komt. En juist de gebruiksvriendelijkheid die daarmee wordt bereikt zou wel eens een massale acceptatie van sensoren kunnen bewerkstelligen.

### Vier trends

Sensoren zijn onderdelen die een niet-elektrisch signaal, zoals temperatuur, druk of stroming, in de omgeving meten en dat omzetten in een elektrische spanning. Daarmee kunnen actuatoren worden aangestuurd. Een actuator is een instrument dat met elektrische aansturing een niet-elektrische activiteit uitvoert, denk bijvoorbeeld aan een motor of een lampje.

Al zeker tien jaar wordt de markt voor sensoren een gouden ontwikkeling toegeschreven. Gerenommeerde onderzoeksbureaus als Frost & Sullivan voorspelden tien jaar geleden exponentiële stijgingen van gebruik en omzet van sensoren, net zoals in de micro-elektronica, snel uitmondend in miljardenmarkten. Deze glorieuze groei-scenario's zijn tot op heden niet uitgekomen. De oorzaak ligt onder meer in de grote complexiteit van sensoren, vergeleken met micro-elektronica. In de micro-elektronica is sprake van een zeer goed gedefinieerde fysische situatie

waarbij alle storende invloeden van de omgeving zo veel mogelijk worden afgeschermd. Het gaat hier alleen om elektrische signalen, in fysiek afgesloten elementen en met duidelijk afgesproken protocollen over signaleigenschappen. Sensoren hebben het hier veel moeilijker: ze moeten nu juist iets over de omgeving te weten komen. Hiervoor is direct contact met de omgeving nodig en dat sluit de mogelijkheid uit de sensor af te schermen van storende invloeden van de omgeving. Een andere complicatie is het grote aantal verschillende soorten sensoren: naar schatting meer dan 50000.

Uiteraard zijn er geen vijftigduizend verschillende fysische signalen, maar elke meetomstandigheid vereist een eigen sensoraanpak. Denk

bijvoorbeeld aan het verschil tussen meting van luchtdruk bij kamertemperatuur en meting van de vuldruk bij 700 ... 1000 graden Celsius in de cilinder van een automotor. Daarnaast zijn sensoren over het algemeen ook gevoelig voor andersoortige signalen dan die we willen meten. Kortom, sensoren zijn veel ingewikkelder dan micro-elektronica, reden waarom de ontwikkelingen op sensorgebied tot nu toe veel minder hard zijn gegaan dan aanvankelijk werd voorspeld.

In deze achterblijvende ontwikkeling lijkt nu verandering te komen door vier trends die een natuurlijke stimulering vormen voor de groei van de sensormarkt:

- de exponentiële groei en accentverschuiving van onderzoek en ontwikkeling op het gebied



De elektronische windmeter van Mierij Meteo.

Sensorgroep	Fysisch meetsignaal
akoestisch	frequentie, druk, snelheid, luidheid
chemisch	samenstelling, pH, concentratie, elektrische geleidbaarheid, vochtigheid, verontreinigingen
elektrisch	capaciteit, lading, stroom, diëlektrische constante, elektrisch veld, weerstand, frequentie, fase
magnetisch	magnetisch veld, inductiviteit
mechanische grootheden	afmetingen, massa, snelheid, draaisnelheid, versnelling, trilling, druk,
vaste stof	moment, hoek, waterpas, oppervlak, afstand, elasticiteit, uitzetting, gewicht, ruwheid
mechanische grootheden vloeistof	dichtheid, stroomrichting, stroomsnelheid, debiet, niveau, druk, viscositeit, volume
nucleair	ionisatiegraad, massa-absorptie, stralingsdosis, -energie, -type
optisch	kleur, beeld, polarisatie, golflengte, reflectie, luminantie
temperatuur	temperatuur, temperatuurverschil, warmtegeleiding, warmte-uitzetting, warmtestraling

Voorbeelden van fysische meetsignalen. (Bron: gebaseerd op o.a. 'Sensoren, de zintuigen van computers' van Simon Middelhoek, in 'Een halve eeuw micro-elektronica', pag. 149, Kluwer Bedrijfsinformatie, 1997)

van sensoren aan universiteiten en instituten: *academisch aanbod*;

- de gerichte stimulering van sensoronderzoek en -gebruik door verschillende overheden: *overheidsstimulering*;
- de sterk groeiende behoefte vanuit de markt aan gedigitaliseerde informatie over onze omgeving: *vraag vanuit de markt*;
- het groeiende aanbod van ontwikkelingsmogelijkheden van sensoren voor bedrijven die een sensor nodig hebben: *aanbod van ontwikkelbedrijven*.

## Academisch aanbod

Het academisch onderzoek is te beschouwen als basis van alle ontwikkelingen. Zo'n dertig jaar geleden is serieus begonnen met sensoronderzoek op basis van nieuwe technologieën zoals de siliciumtechnologie. Later kwamen de glasvezeltechnologie, de keramische technologie en verwante technologieën daarbij. De eerste sensoren die werden onderzocht en al een hele tijd commercieel voorhanden zijn, zijn druksensoren, magnetische Hall-effect sensoren en temperatuursensoren. Vooral de afgelopen tien jaar heeft het sensoronderzoek een grote vlucht genomen, veelal op basis van siliciumsensoren.

Waar vijftien jaar geleden het aantal sensoronderzoekers aan universiteiten en instituten wereldwijd misschien in de orde van duizend lag, zijn er nu vele tienduizenden mensen bij betrokken. De kennis over sensoren neemt daarom veel sneller toe dan een decennium gelden het geval was. Waar eerst de nadruk lag op pionieren (uitvinden wat er allemaal mogelijk is) komt het accent nu te liggen op technologische verfijning (knelpunten in het gebruik oplossen). Het pionieren was nodig om het sensorgebied in kaart te brengen.

Er wordt vaak gesproken over een kloof tussen het op zich hoogstaande onderzoek aan de universiteiten en de praktische toepasbaarheid ervan voor producten. Het verfijnen van de sensor-kennis is daarom nodig om tot praktische toepasbaarheid te komen. De kloof tussen onderzoek en toepasbaarheid lijkt zich nu te gaan vernauwen. Deze omslag doet zich de laatste jaren voor in het sensoronderzoek, ook in Nederland. We mogen ons gelukkig prijzen dat in ons land twee van de pioniers op sensorgebied werkzaam zijn: professor Middelhoek in Delft en professor Bergveld in Twente.

De jongste trend op het gebied van sensoren is, naast het ontwikkelen van micro-elektromechanische systemen (MEMS), het ontwikkelen van 'smart sensors'. In de MEMS vinden we de combinatie van sensoren en actuators, waarbij ruim gebruik wordt gemaakt van de nieuwe technologieën om driedimensionale structuren te maken.

Bij 'smart sensors' vinden we de combinatie van sensoren en elektronica die het sensorsignaal verwerkt. De Delftse hoogleraar prof.dr.ir. Han Huijsing kreeg vorig jaar van de Stichting Technische Wetenschappen de prijs verbonden aan het Simon Stevin Meesterschap, voor zijn pionierswerk op het gebied van intelligente sensoren. Vele andere hoogleraren, promovendi en medewerkers in Delft en Twente maken dat het Nederlands universitair sensoronderzoek wereldwijd aan de top staat. De sensorinstituten Dimes en Mesa van de universiteiten in Delft en Twente richten zich niet alleen op onderzoek, maar in toenemende mate ook op het midden- en kleinbedrijf om het gebruik van micro-elektronica en sensoren actief te stimuleren. Hierbij is vooral Dimes ook gespecialiseerd in de combinatie van sensoren en elektronica.

## Overheidsstimulering

Overheden spelen in op trends vanuit de academische wereld door deze te stimuleren en te versterken. De overheden doen dit op verschillende manieren.

Op nationaal gebied zijn er subsidieregelingen en kredietfaciliteiten voor technologische vernieuwing, zoals PBTS, WBSO, TOK en Mitoe-regelingen. Senter, het agentschap van het Ministerie van Economische Zaken dat de regelingen uitvoert, heeft ruime ervaring met sensorprojecten. Ook de Novem, werkzaam op het gebied van energie-conserverende technologie, doet veel aan stimulering van sensortechnologie omdat energiebesparing door optimaal regelen alleen mogelijk is als de procesparameters goed kunnen worden gemeten. Naast subsidieverstrekking doet de Novem veel aan marktonderzoek op sensorgebied. Hierover zijn bij de Novem verschillende interessante publicaties verkrijgbaar.

Syntens NT (het vroegere Centrum voor Micro-Elektronica in Veenendaal) houdt zich actief bezig met voorlichting op het gebied van sensoren en adviseert tevens op het gebied van subsidieregelingen. Ook via het Ministerie van Onderwijs wordt veel aandacht (en geld) besteed aan sensoren. De technologieinstichting STW financiert vele sensoronderzoeken aan universiteiten, de laatste jaren zelfs mede uit een speciale sensor-pot.

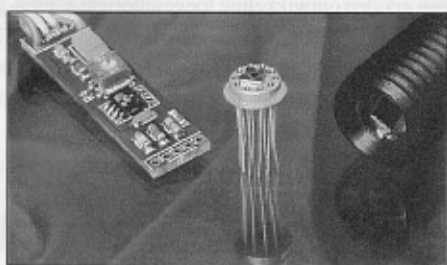
Nieuw zijn de zogeheten Simon Stevin Meesterschappen, waarbij die voor professor Huijsing de aandacht van STW voor sensoren weerspiegelt. STW sponsort ook het Platform Sensortechnologie, een initiatief in samenwerking met de universiteiten. In ieder nummer van het halfjaarlijkse blad *Sensornieuws* van het platform staat een actuele lijst van Nederlandse sensorproducenten. Dit maakt de markt doorzichtiger en toegankelijker. Ook wordt ieder jaar de Nationale Sensorconferentie gehouden, waar univer-

siteiten en bedrijven elkaar ontmoeten. Dit jaar zal deze conferentie worden geïntegreerd met de conferentie Eurosensors XIII, van 12 ... 15 september in Den Haag.

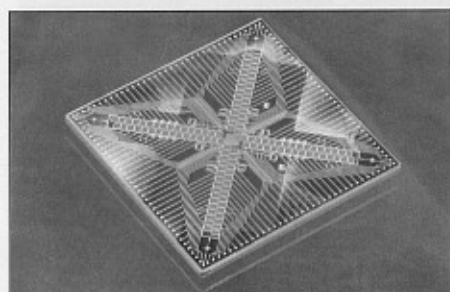
Op Europees vlak wordt eveneens veel aan het stimuleren van sensoronderzoek en -gebruik gedaan. Al een aantal jaren bestaat 'Nexus', een platform van Europese bedrijven, universiteiten en instituten die samenwerken op het gebied van MEMS: de integratie van sensoren, micro-elektronica en actuators. Deze integratie is mogelijk gemaakt doordat gelijksoortige technologieën worden gebruikt voor sensoren, micro-elektronica en actuators. Nexus wordt gefinancierd door de EU en ontplooit talloze activiteiten om de samenwerking op MEMS-gebied te stimuleren. Nexus heeft ook een aantal Nederlandse leden: vanaf de oprichting onder meer de universiteiten van Delft en Twente, Philips en Sensor Integration, en sindsdien nog een aantal andere. Sinds de start van Nexus is op Europees gebied een sterke groei te zien van het aantal instellingen dat zich bezighoudt met MEMS. Vooral in Duitsland schieten de door de overheid gefinancierde instituten die zich met het praktisch gebruik van MEMS bezighouden als paddestoelen uit de grond. In Duitsland plukt het bedrijfsleven daarvan op steeds grote schaal de vruchten via samenwerking met deze instituten. Ook in Nederland neemt deze samenwerking toe.

## Vraag vanuit de markt

De revolutie op het gebied van micro-elektronica werkt door op sensorgebied. Door technologische ontwikkelingen in de elektronica komt de rekenkracht beschikbaar die het - elektronisch gezien - mogelijk maakt om allerlei situaties te observeren en te beïnvloeden en processen te sturen. Zeer complexe bewerkingen kunnen nu zo snel worden uitgevoerd dat processen realtime zijn te sturen. Dat vereist echter ook realtime kennis over de voortgang van het proces, dus adequate sensoren. Daardoor wordt een hiaat zichtbaar tussen de wens om (met de beschikbaar komende micro-elektronica) processen te sturen en de niet-gevulde behoefte aan sensoren om de benodigde stuurinformatie bij de micro-elektronica af te leveren. Waar het hiaat wordt opgevuld



Elektronische wildredder van Terra Care. *Elektronische wildredder van Terra Care. (Foto: Sensor Integration)*



Infrarood-detectorchip van Sodern.

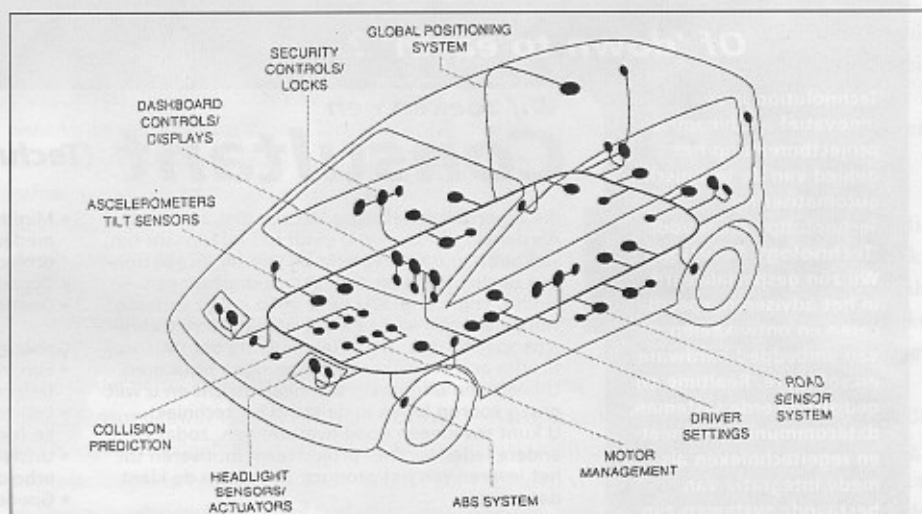
(Foto: Xensor Integration)

met een geschikte sensor komen plotseling nieuwe mogelijkheden in zicht en is een fabrikant in staat een product te leveren dat op belangrijke punten superieur is aan de tot-dan-toe voorhanden producten. De rol van smart sensors wordt bij de verdergaande popularisering van sensoren steeds belangrijker, omdat het signaal van een kale sensor meestal vrij kwetsbaar is voor storing van buiten. Door op de sensorchip zelf al enige elektronica te integreren kan het signaal letterlijk en figuurlijk worden versterkt, of zelfs - om op het pioniersgebied van professor Huijsing te blijven - versterkt uit de bus komen. Wanneer er massaal allerlei sensoren op de markt komen met een sterk, gestandaardiseerd uitgangssignaal, bijvoorbeeld gecodeerd voor een standaardbus (RS232, CANbus enz.) dan komt het gebruik van sensoren ook voor leken op sensorgebied veel dichterbij.

Oudbakken voorbeelden van de nieuwe mogelijkheden zijn digitale horloges en digitale weegschalen. De fabrikanten die niet tijdig insprongen op de technische mogelijkheden zijn destijds in een paar jaar van de markt geveegd.

Bij de digitale horloges is de combinatie van (tijd-)sensor en geïntegreerde elektronica een zeer sterke combinatie gebleken. Recentere voorbeelden zijn airbags en antiblokkeersystemen in auto's, wasdrogers met sensoren voor de detectie van de drooggraad, broodroosters met bruiningsgraadsensor en buitenlampen met aanwezigheidsdetectie via infraroodsensoren. Ook de CD-speler is een mooi voorbeeld, met diodelaser, sensor voor detectie van de signalen en real-time bijsturing van de positionering. In feite gaat het bij de CD-speler om een mechanisch-elektronisch-sensorisch systeem dat met grote snelheid meet en regelt. Mensen die vroeg een CD-speler hebben gekocht weten dat deze toen vrij snel oversloeg bij een stofje of een krasje. Nieuwere apparaten hebben hiervan minder last door de voortschrijdende verbetering in de verschillende onderdelen. Markttechnisch gezien is de CD-speler even overrompelend geweest als het digitale horloge. Binnen enkele jaren degradeerde de langspeelplaat tot collectors-item.

Het komende voorbeeld is de digitale camera. Door de beeldscanners is er een trend ingezet waarbij beeldmateriaal digitaal in de computer



Auto met verschillende sensoren en actuatoren.

wordt gerepresenteerd. Deze trend wordt nu gecompleteerd door de introductie van CCD-camera's voor de consumentenmarkt, waarbij de prijzen al gezakt zijn tot onder de duizend gulden. Je kan de voorspelling maken dat, net als bij de CD-speler en de LP, over tien jaar chemische camera's alleen nog door een enkeling (professionaal) zullen worden gebruikt. Op videogebied is deze ontwikkeling natuurlijk al enige jaren geleden voltooid. Waarschijnlijk wordt slechts in Hollywood nog met chemische films gewerkt. Uit deze voorbeelden blijkt dat fabrikanten die hun product op een hoger niveau kunnen tillen door introductie van sensoren en micro-elektronica, zich niet lang(er) kunnen veroorloven deze mogelijkheden te negeren.

Mierij Meteo is een fabrikant die op de geschetste ontwikkelingen is ingesprongen door een elektronische windmeter te ontwikkelen die nu rijp is om over de wereld uit te waaiëren. Deze ontwikkeling is in de afgelopen jaren sterk gesteund door STW en professor Han Huijsing.

De vraag uit de markt begint nu echt los te komen. Die vraag wordt mede gestimuleerd doordat de overheid via milieu- en veiligheidsvoorschriften eisen stelt aan apparaten of processen die slechts zijn te realiseren met gebruik van sensoren.

Een aansprekend voorbeeld is de wildredder van Terra Care in Ommen, die is ontwikkeld in samenwerking met Xensor Integration. De wildredder detecteert nesten en zich schuilhoudend wild in het maaiveld voordat ze door een maaimachine tot omelet of paté zouden worden verwerkt. Omdat de overheid een bonus zet op het sparen van bijvoorbeeld Kievitsnesten, wordt de wildredder een financieel aantrekkelijke optie op landbouwmachines.

Een volgend voorbeeld van overheidsingrijpen dat de sensormarkten in de kaart speelt, vormen

de steeds strenger wordende emissie-eisen voor auto's, waardoor in toenemende mate sensoren nodig zijn.

Een infraroodproject waarbij Xensor Integration ook nauw betrokken is, is de ontwikkeling van de bewegingsloze aardsensor STS02 (Static Earth Sensor) van Sodern, Frankrijk (onderdeel van Aerospaiale). Deze sensor is het navigatie-instrument van een geostationaire satelliet en houdt de aarde altijd in beeld. Zo wordt de satelliet in de juiste positie gehandhaafd. Hart van de STS02 is een siliciumchip van 20,5 (20,5 mm, met daarop vier infrarooddetectorarrays van elk 32 beeldelementen die de aarde detecteren.

De signalen van de pixels worden via multiplexers naar een versterker en de verwerkingselektronica gestuurd. In principe leent dit soort detectoren zich ook voor integratie van (enige) elektronica op de chip. Er moet echter altijd een optimum worden gevonden tussen eenvoud van product en kosten, oftewel procesopbrengst. Op dit moment ligt dat optimum voor deze (gecompliceerde) detectorchip nog bij gescheiden detector/elektronica. Dit soort producten is typerend voor de voortschrijdende communicatierevolutie, waarbij satellieten steeds meer het middelpunt gaan vormen van de menselijke communicatietechnieken.

Verder ontplooiën instellingen als bijvoorbeeld FHI Het Instrument steeds meer activiteiten op sensorgebied. Dit gebeurt via beurzen, symposia en samenwerkingsverbanden zoals de Development Club van FHI Het Instrument, een platform van ontwikkelaars op het gebied van micro-elektronica en ook van MEMS. Dit maakt sensorontwikkelingen steeds toegankelijker voor het bedrijfsleven.

## Ontwikkelbedrijven

Er kan wel een grote behoefte zijn aan sensoren, maar het houdt snel op als ze niet te koop zijn en

er ook niemand is die ze kan ontwikkelen. De toenemende behoefte aan sensoren leidt tot de vierde trend: het verschijnen van sensorontwikkelaars. Anders gezegd, het aanbod van sensor-expertise begint minder exclusief en schaars te worden. Dit hangt uiteraard samen met de eerste trend (de sterk vergrote activiteiten op academisch vlak) en de tweede trend (overheidsstimulering). De laatste jaren komen veel gepromoveerden van de universiteit die alles afweten van de nieuwe sensor- en micro-elektronica-technologieën. Velen gaan werken bij bedrijven in Nederland maar een aantal biedt zijn diensten aan om sensoren te ontwikkelen voor derden. Hierbij geldt overigens dat de vraag naar geschoolde sensorexperts groter is dan het aanbod door de grote groei van de sensormarkt en door het al eerder genoemde probleem dat er veel meer verschillende soorten sensoren zijn dan sensorexperts. Het kenmerk van een expert is immers dat hij van een aantal sensoren en toepassingen veel weet, maar met vijftigduizend verschillende sensor-(toepassingen) betekent dat voor de vrager naar sensorkennis en -ontwikkeling dat hij moet zoeken naar de juiste expert. Naast personen bieden ook steeds meer instellingen en bedrijven hun sensorexpertise aan. In Duitsland zijn vele overheidsinstituten die MEMS-activiteiten ontplooiën. Ook in Neder-

land is een aantal bedrijven actief, zoals rond de TU Delft en de TU Twente. Een willekeurige greep: ESBE Services, Smart Sensor Devices, SensArt en Xensor Integration in Delft, en TMP en 3T in Twente. Interessant is om te zien dat de gebieden van kale sensorontwikkeling en micro-elektronica, met als grensgebied smart sensors, steeds meer in elkaar beginnen over te lopen. Vaak zijn deze gebieden nog fysiek gescheiden, maar dit maakt wel de stap naar smart sensors steeds kleiner. Zoals eerder vermeld bevat de 'Sensor Gouden Gids' (Sensornieuws) van het Platform Sensortechnologie een uitgebreid overzicht. Ook grotere instellingen in Nederland, zoals TNO-TPD en Philips houden zich bezig met de nieuwe sensorontwikkelingen.

## Resultaat

In dit artikel zijn vier trends op sensorgebied onder de loep genomen:

- onderzoek dat van pionieren steeds toepassingsgerichter wordt, ook op het gebied van smart sensors;
- actieve stimulans door overheden met subsidies, kredieten en voorschriften;
- opkomende vraag vanuit de markt om verschillende redenen: vraag van klanten door toe-

nemende mogelijkheden van micro-elektronica en dwingende noodzaak door de activiteiten van concurrenten;

- de verwezenlijking van aanbod van sensoren en sensorontwikkelingspotentieel.

Deze trends maken implementatie van intelligente apparatuur met sensoren en micro-elektronica nu eindelijk mogelijk. Er komen steeds meer succesvolle voorbeelden van dergelijke intelligente systemen en apparaten in het dagelijks leven.

Aansprekend en voor iedereen zichtbaar is de elektronificatie en aansluitend 'sensorisering' die zich voltrekt in de autowereld. Schattingen geven aan dat over enkele jaren 20% van de kostprijs van een auto bestaat uit MEMS-intelligentie. Gezien de enorme markt die auto's vertegenwoordigen, maar ook gezien de zeer strenge eisen aan kwaliteit, prijs en betrouwbaarheid die de autofabrikanten blijkbaar kunnen opleggen aan nieuwe sensoren, is in de nabije toekomst een enorme vlucht van sensoren te verwachten. ■

Bron: „Smart Sensors, de derde automatiseringsgolf in de industrie”, ISBN 90-74702-25-2, een uitgave van FHI Het Instrument, Branche Industriële Automatisering.