

Mikroniek

(2)

JAARGANG 37

*Opengewerkte
modellen*



*Microsysteem-
technologie*

*Ondersteuning van
een telescopspiegel*



*Instrumentele dienst
van het AZU*

NVPT VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE

Met adverteren
in Mikroniek
bereikt u de
Fijnmechanische
bedrijven
en produkt-
ontwikkelaars

IT IS A SMALL WORLD:
TAKE A CLOSER LOOK AT
MICROLAB OPTICS AND HARDWARE



Melles Griot, your supplier of
◆ Optical Research Equipment
◆ Lasers
◆ Components

Call one of our Application Engineers for assistance
in specifying Optics for your requirement
call: 0316 - 333041

Melles Griot B.V.
P.O. Box 272
6900 AG ZEVENAAR
The Netherlands



Voor technologische
hoogstandjes...



...kunt u op **RMB BENELUX**
rekenen.

**Miniatuur precisie kogellagers,
lineaire kogellagers, wormasjes,
fijnmechanisch draaiwerk (titanium)
micromotoren, actieve magneet-
lageringen, luchtlagers, precisie
kogeltjes en samenstellingen met
precisie lagers.**

Genoemde producten worden thans
direct in de Benelux door RMB BENELUX
vertegenwoordigd. Leveringen direct
van fabrikant aan eindgebruiker.
Hierdoor kunt u rekenen op hoogwaardige
Zwitserse precisie producten van een
Europese marktleider, alsmede
op technische lokale ondersteuning.

RMB BENELUX:

Tel.: 0162-523528
Fax.: 0162-512892

RMB SA

Eckweg 8, Postfach 121
CH-2500 Biel-Bienne 6
Tel. +41 32 344 43 00
Fax +41 32 344 43 01



microlinea



RMB MECOS
LAGERS IN HOGHEPRECIEZIE

SMOOVY

Als u kritische oppervlaktestructuren drie-dimensionaal wilt opmeten....

THIS Scientific B.V.

De ontwikkeling van Scanning Probe Microscopy (SPM) heeft wetenschappers en technici de mogelijkheid gegeven om oppervlaktestructuren en -details zichtbaar te maken met ongeëvenaarde resolutie en zonder uitgebreide preparaatvoorbehandeling.

Metingen vanaf interatomaire afstanden tot aan tienden van millimeters zijn mogelijk in één en hetzelfde instrument.

Door gebruik te maken van TappingMode™ is het met de Dimensions systemen van Digital Instruments mogelijk extreem zachte materialen zoals polymeren en zachte verontreinigingen op een harder oppervlak af te beelden.

De nieuwe Dimension Metrology SPM staat toe ruwheidsanalyses en kritische dimensiemetingen uit te voeren met een zeer hoge lineariteit en reproduceerbaarheid.

De koppeling van resolutie en lineariteit maken de Dimension Metrology SPM een onmisbaar gereedschap voor wetenschappers en onderzoekers voor wie nauwkeurige oppervlakteinformatie belangrijk is.

Als het succes van uw onderzoeksprogramma afhangt van de 'kleine details' dan nodigen wij u uit om kosteloos onze syllabus Scanning Probe Microscopy te bestellen via de aangehechte antwoordkaart.

Indien de antwoordkaart weg is, vraagt u dan de syllabus telefonisch of per E-mail aan.

**...Lees dan over de laatste ontwikkelingen in
Scanning Probe Microscopy en vraag deze syllabus aan.**

THIS

PUTTING TECHNOLOGY IN ITS PLACE

THIS Scientific B.V.
Stationspark 405
Postbus 1216
3360 BE Sliedrecht
Tel: (0)184-49 09 09
Fax: (0)184-49 09 95
E-mail: info@thisscientific.nl

In dit nummer



- 33** *Micro Systeem Techniek:
Een leerproces*
Editorial
- 34** *Actueel*
- 39** *Een kijkje bij de Instrumentele Dienst van het AZU*
L.C.de Reede
- 42** *Microsysteemtechnologie*
R.M.J. Sillen, H.W. Croon
- 46** *Ondersteuning van een telescoopspiegel*
K. Compaan
- 52** *Ordering in het programma van eisen*
F.J. Siers
- 55** *Opengewerkte modellen*
J. Verkerk
- 61** *Produktinfo*

Micro Systeem Techniek: Een leerproces

Editorial

Uitgave: NVPT

Redactie:

Dr. ing. D. Blank
Dr. J. Elders
Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)
H.M.C. Heubers
M.N. Koning
Ir. G. Nützel
Dr. ir. P.C.J.N. Rosielle
H.G.J. Rutten
Dr. ir. J. Verkerk

Redactiesecretariaat:

Mikroniek
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-2531710 / 2531639

Redactie-adviesraad:

Prof. L.H.J.F. Beckmann
Prof. dr. ir. H.F. van Beek
Prof. dr. ir. J. Bleeker
Ir. P. Brinkgreve
Ing. M.F. Dierselhuys
Prof. dr. J. Fluitman
Prof. ir. C. Heuvelman
Ir. D. de Hoop
Dr. ir. J.A. Rietdijk
Prof. dr. ir. P.H.J. Schellekens
Prof. dr. ir. Ch. Snijders
Ir. G. Vaessen
Prof. dr. ir. A.J.A. Vandenput

Advertenties:

Buro Jet bv
Postbus 1890, 2280 RW Rijswijk
Telefoon: 070-3990000; Fax: 070-3902488

Abonnementen:

Mikroniek
J. Verkerk
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-2531710 / 2531639
Fax: 030-2522267
Abonnementskosten Mikroniek:
Nederland f105,- per jaar
Buitenland f132,- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Secretariaat NVPT

Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Telefoon: 040-2947937; Fax: 040-2125075

Vormgeving:

Twin Design B.V., Culemborg

Lay-out en realisatie:

Twin Design B.V., Culemborg

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar

© Niets van deze uitgave mag overgenomen of
vermenigvuldigd worden zonder nadrukkelijke
toestemming van de redactie.
ISSN 0026-3699

In de afgelopen jaren is er in dit tijdschrift veel aandacht besteed aan de beloften van de Micro Systeem Techniek (MST). Daarbij is niet verhuuld, dat er ook problemen zijn. Deze betreffen voornamelijk de verwevenheid van de noodzakelijke disciplines, het ontbreken van een goede productie-infrastructuur, met de daarbij te vormen cultuur en "last but not least", een goede kennisoverdracht naar met name het midden- en klein-bedrijf.

Wij zijn inmiddels een stapje verder, er is sprake van een zekere integratie van de "klassieke" precisietechniek, met zijn wortels in de werktuigbouw met de "klassieke" IC-gerelateerde technologie, met zijn wortels in de elektrotechniek. Met name dit tijdschrift levert een belangrijke bijdrage aan de beoogde integratie. Verder zien wij de eerste industriële successen en wordt er gebouwd aan een productie-infrastructuur, een moeizaam proces weliswaar, maar met vallen en opstaan komen we er wel.

Er is duidelijk sprake van een leerproces en kennisoverdracht speelt hierbij een belangrijke rol. Deze kennisoverdracht heeft zich tot op heden beperkt tot de ontsluiting van kennis opgedaan aan universiteiten, instituten, grote bedrijven en conglomeraten van kleinere bedrijven, zoals die in "Silicon Valley". De kennis wordt verspreid via de tijdschriften en de meetings die aan MST zijn gewijd en is gericht op bedrijven, die in potentie geschikt zijn een graan(tje) MST mee te pikken en op individuen, die met de nieuwe ideeën op avontuur durven gaan.

Van onderwijs, dat gericht is op MST worden vage contouren zichtbaar. Er zijn wat cursussen en er worden afstudeeroriëntaties ontwikkeld, maar daar blijft het voorlopig bij. Het lijkt ook niet verstandig om nu reeds in Nederland het onderwijs te voorzien van volledig op MST georiënteerde programma's. In Duitsland en Zwitserland, waar in principe wat meer emplot is te verwachten in de MST, is men op dit punt wat agressiever, er wordt gewerkt aan complete faculteiten MST aan enkele universiteiten en Hochschulen, maar er lijkt ook een gokelement te zitten in deze ambitieuze ondernemingen en ze zetten ons enigszins voor het blok. In Duitsland is de werkgelegenheid voor afgestudeerde technici ronduit slecht en biedt de MST mogelijk enig perspectief, terwijl Zwitserland alles inzet op het "updaten" van haar traditionele kerntechnologie uit het horloge-verleden. Met de nieuwe opleidingen hoogt men in toekomstige behoeften te voorzien c.q. deze te creëren.

Nederland moet op ingetogen wijze deze trend volgen. Het is absoluut vereist in het onderwijs expliciet aandacht te gaan schenken aan MST, tegelijkertijd moet de brede inzetbaarheid van onze studenten niet in gevaar worden gebracht. Aan de universiteit Twente (MESA) en de Hogeschool van Utrecht wordt deze strategie gevolgd, waarbij voeling wordt gehouden met de markt en de Europese activiteiten (deelname aan LEO-NARDO en SOCRATES projecten). De tweede fase van het leerproces, nu van docent naar student is van start gegaan.

Prof.dr. Jan Fluitman
MESA Research Instituut
Universiteit Twente



Voor herhaling vatbaar: De NVPT-stand op de Vakbeurs Algemene Toelevering (VAT '96), een gezamenlijke inspanning van de NVPT met de bedrijfsleden: Micro*Montage, CAD Services Nederland, Twente MicroProducts, Ingenieursbureau IBS, Sanders-Birnie, ECN. (Foto: Jaap J. Herschel)

Industriële Elektronica

Vakbeurs, 8 t/m 11 april, Jaarbeurs Utrecht

Op één beurs wordt alle industriële elektronica en technische automatisering geëxposeerd. De beurs kent vijf thema's:

- EDA & engineering software,
- Mechatronics & sensors,
- Communication technology,
- Design, components & production,
- Test & measurement.

Ook voor de NVPT is dit een belangrijke beurs, waarbij contacten gelegd kunnen worden met elektronische bedrijven. Samen met een drietal bedrijfsleden heeft de NVPT een stand (Standnummer: 7B13.1) in het Mechatronica paviljoen, midden tussen een aantal innovatieve bedrijven.

Tijdens de beurs zal de uitreiking van de Mechatronica

trofee plaatsvinden voor het beste industriële mechatronisch ontwerp.

Aanmelding VAT '98

Van 26 t/m 30 januari 1998 wordt in de Jaarbeurs te Utrecht de tweejaarlijkse Vakbeurs Algemene Toelevering - VAT '98 - gehouden. De NVPT organiseert daartoe weer een gezamenlijke stand met bedrijfsleden. De inrichting van de stand zal volgens het bekende NVPT-recept worden uitgevoerd, dat zich inmiddels als zeer succesvol heeft bewezen, zie "VAT '96 brengt veel nieuwe contacten" in Mikroniek 36(1996)2 pag. 54-55 voor een verslag.

Organisatie, administratie en standopbouw worden door de NVPT uitgevoerd. Zij zorgt ook voor bemensing en een hostess tijdens de beursdagen. Op deze wijze kunt u met een minimum aan eigen tijd, werk en kosten aan deze vakbeurs deelnemen.

De VAT richt zich steeds meer naar buiten. Zo staat een Duitstalige referentiemagazine op stapel, waarin de VAT de aandacht van Duitstalige potentiële klanten wil winnen door te laten zien hoeveel Duitse bedrijven al hun vertrouwen aan VAT-exposanten hebben geschonken. Tevens verzorgt de VAT een mediacampagne om veel aandacht te trekken voor deze beurs. De inschrijving start vroeg in verband met het tijdig op gang brengen van de mediacampagne.

De algemene indeling van de stand en de verdeling van het oppervlak worden in onderling overleg bepaald. De kosten worden naar rato omgeslagen.

Belangstellenden voor deze NVPT-service worden verzocht zich zo spoedig mogelijk aan te melden:

Secretariaat NVPT

Telefoon: 040-294 7937

Fax: 040-212 5075.

Buitenlandse beurzen

Deelname aan buitenlandse beurzen, de Hannover Messe bijvoorbeeld, door NVPT-bedrijfsleden is een nog niet gerealiseerde wens.

In januari j.l. zijn gesprekken gevoerd tussen bestuursleden van de NVPT en Holland Elektronica om de mogelijkheden te onderzoeken voor gezamenlijke activiteiten dan wel zaken waarin we elkaar kunnen ondersteunen. Concreet is afgesproken de gezamenlijke deelname aan buitenlandse beurzen te onderzoeken.

Daarnaast willen NVPT en Holland Elektronica een makelaarsfunctie vervullen naar elkaars leden om het zoeken naar specialistische partnerbedrijven en de samenwerking tussen deze bedrijven te ondersteunen.

Voor nadere informatie of aanmelding:

Ir. P. de Vries (bestuurslid NVPT)

Telefoon: 013-513 2026

of

Secretariaat NVPT

Telefoon: 040-294 7937

Fax: 040-212 5075.

Nominatie

Ons bedrijfslid de heer A.Th.W. Peters van Delba Precisietechniek bv te Didam behoorde tot de zes managers die door het blad "Management Team" genomineerd werden voor de titel "Manager van het jaar". Hoewel de titel net aan zijn neus voorbij ging wil de

NVPT hem van harte feliciteren met deze nominatie.

Het getuigd van kwaliteiten om geselecteerd te worden uit een groep van meer dan 200 managers die waren voorgedragen.

Delba is gespecialiseerd in de verkoop van slijpmachines met hoge precisie, zowel conventioneel als computergestuurd (CNC), als vlak-, rond- en profielslijpmachines, slijpcentra (Okamoto) en slijptoebehoren. Ook verkopen zij draadvonkmachines (Brother).

Voor nadere informatie:

Delba Precisie Techniek BV

Postbus 108,

6940 AA Didam

Telefoon: 0316-221 112.

Verzelfstandiging Adiform

Gedurende circa twintig jaar maakte de afdeling bedrijfsinrichtingen van Esmeijer gestage en gezonde groei door. Acht jaar geleden betrof de Adiform afdeling een nieuw pand met productie, showroom en kantoor in het industriegebied Rotterdam Noord West. De gezonde groei van het op maat ontwikkelen van werkplekmeubilair door het eigen Adiform heeft het management van Esmeijer doen besluiten deze afdeling met ingang van januari 1997 te verzelfstandigen tot:

Adiform B.V.

Postbus 11201

3004 EE Rotterdam

Telefoon: 010 - 437 7144

Fax: 010 - 437 7595.

"Op weg naar huis"

De regionale Werkgroep Noord-Holland organiseert een drietal "Op weg naar huis" bijeenkomsten op 24 april, 22 mei en 19 juni van 15.30 tot 17.30 uur, allen te Amsterdam.

De bijeenkomsten zijn bedoeld om elkaar op verschillende gebieden te informeren over de stand van zaken.

Voor nadere informatie:

R.J.D. Manuputy

Telefoon: 020 - 525 5757.

FOM Amolf Instituut; 24 april 1997:

— Raster Tunnel Microscop.

Met de raster tunnel microscoop kunnen afzonderlijke atomen aan het oppervlak zichtbaar worden gemaakt. Er

wordt met deze microscoop onderzoek gedaan naar de invloed van de temperatuur op de beweeglijkheid van oppervlakken op atomaire schaal.

– Bose Einstein Condensatie.

In een deel van dit experiment worden rubidium atomen in een dampcell met zes laser bundels en magnetische velden op een punt gevangen. Wij tonen de wolk van atomen in een vacuümopstelling, welke uit twee kamers bestaat, met magnetische spoelen en optische componenten.

– Construeren op Amolf.

Op de constructie afdeling wordt gebruik gemaakt van de CAE-software van SDRC (I-DEAS) en een FEM-pakket (ANSIS). Hiermee is men in staat 3 dimensionaal te construeren. Dit zal aan de hand van een demonstratie worden toegelicht.

Na afloop wordt een bezoek gebracht aan de instrumentmakerij.

FOM-Instituut voor Atoom en Molecuulfysica (AMOLF)
de heer W.H. Brouwer
Kruislaan 407
1098 SJ Amsterdam
Telefoon: 020 - 608 1234.

UvA Academisch Centrum (geneeskunde); 22 mei 1997

– Miniatuur lineaire motor.

Voor fundamenteel onderzoek aan spiervezels, moeten zeer snelle verkortingen worden gerealiseerd zonder doorschieten. Hiervoor vervaardigen wij al een aantal jaren de prototypen met steeds hogere eisen. De complete samenstelling is arbeidsintensief en vereisen nauwe samenwerking met de onderzoeker. De laatste specialisaties zijn: Staptijd ca. 16×10^{-16} sec over een afgelegde weg van 4×10^{-6} (a is ca. $4096 \text{ m} / \text{sec}^2$).

– Glaucoom filterimplantaat en drukregelaar.

Glaucoom ofwel groene staar kan drukverhoging in de oogbol veroorzaken door onvoldoende afvoer van het gemaakte kamerwater. Een te hoge druk in de oogbol kan leiden tot vermindering van het gezichtsveld en uiteindelijk tot blindheid. In de eerste fase ontworpen en vervaardigden wij - in samenwerking met oogheelkunde van het AMC - een implantaat met doorstromingsinstelling voor de ergste gevallen van glaucoom. In de tweede fase is een drukregelaar opgenomen; de afmetingen van deze drukregelaar plus de kleine hoeveelheid van 2ml / min. doorstroming vroeg om een speciale aanpak.

– Meetschaats.

Met behulp van de meetschaats is men in staat om afzetkrachten en ijswrijving te meten. Het bijzondere

van dit ontwerp is dat de grote afzetkrachten en de kleine krachten van de ijswrijving in een krachtelement worden gemeten. De verwerking van de gegevens worden in een mee te nemen computer verzameld.

– Krachtopnemer.

Voor het meten aan de kauwspier van een konijn is een krachtopnemer ontwikkeld. Gemeten worden twee reactiekrachten met daarop loodrecht de dwarskracht in één vlak. Het meetelement is uit één stuk vervaardigd en geschikt voor krachten tot 6N en na bewerking is de kleinste kracht van 5mN nog meetbaar. De eigen frequentie van de krachtopnemer is ca. 500 Hz.

Na afloop wordt een bezoek gebracht aan de instrumentmakerij (voor de schaatsliefhebbers de klapschaats).

Facilitaire Dienst Faculteit Geneeskunde cluster II
Universiteit van Amsterdam
W.H. Schreurs
AMC Meidreef 9
1105 AZ Amsterdam
Telefoon: 020 - 566 5286.

Universiteit van Amsterdam (scheikunde); 19 juni 1997:

– Gas, -vloeistof stroming door licht hellende buizen. De experimentele opstelling wordt in de wandelgangen ook wel "De Wip" genoemd. Dit is vanwege het scharnierpunt, aangebracht om een glazen buis (diameter: 5,1 cm, lengte: 20 m) onder een lichte helling te plaatsen. Het gelijktijdig stromen van gas en vloeistof (fase) door een buis komt veel voor. Te denken valt aan het transport van aardgas met condensaat of het transport van aardolie vermengd met stoom. Omdat in de industriële praktijk een buis nooit exact horizontaal geplaatst kan worden, wordt in deze opstelling de invloed van deze kleine hellingen op het stromingsgedrag van een gas plus vloeistofmengsel onderzocht. Metingen die worden verricht zijn bijv. de ruimtelijke verdeling van de fasen over de doorsnede van de buis en het energieverlies wat optreedt gedurende het transport.

– On-column injector.

Met deze injector kunnen geautomatiseerd exacte hoeveelheden monsters ingebracht worden in de kolom van een gaschromatograaf. Commerciële systemen maken gebruik van een injectie door een septum, met daarbij gepaard gaande nadelen, terwijl deze on-column injector geheel septumloos werkt.

– Micro elektroden.

Voor het meten op microschaal van zuurstof, pH en glucose kan de glasinstrumentmakerij microsensors vervaardigen waarvan de meettip varieert tussen de 4

micrometer en 50 micrometer. De meetstromen variëren van enkele pico-ampères tot een nanoampère. Hiermee kan gemeten worden in bosgrond, waddensediment, diepzeebodem, geïmmobiliseerde biomassa in agar-agar of biofilm, enz. enz. Na afloop wordt een bezoek gebracht aan de instrumentmakerij.

Universiteit van Amsterdam
Faculteit Scheikunde
B.H. Klein Meulekamp
Nieuwe Achtergracht 166
1018 WV Amsterdam.

Materials Engineering Exhibition

Van 21-23 april 1997 in het MECC te Maastricht. Deze specialistische beurs, die voor de derde keer wordt gehouden, omvat 5000 m² en circa 150 exposanten. Tijdens de beurs vindt de 5e Europese conferentie over geavanceerde materialen 'EUROMAT 97' plaats, met als thema:

Materials, Functionality and Design

Aan dit evenement zijn competities verbonden, namelijk:

- de 'Federation of European Materials Societies (FEMS) European Material Medal';
- de 'Materials Science and Technology Prize', aanmoedigingsprijs voor jonge (< 40 jaar) onderzoekers;
- de materiaal-gerelateerde fotocompetitie in vier categorieën;
- de ontwerpcompetitie voor een veranderbaar gebouw voor wonen en werken in 2015.

EUROMAT 97 wordt door de Bond van Materialenkennis georganiseerd en omvat parallelsymposia over: metalen, kunststoffen, keramiek, functionele materialen, oppervlaktetechnieken, karakterisering en ontwerp & productie. Deze onderwerpen worden in zo'n 600 papers behandeld door experts uit 50 landen. Er worden 9 'keynote lectures' en 4 workshops gehouden.

De conferentie wordt afgesloten met een plenaire sessie over "Innovatie door Materiaaltechnologie".

Voor nadere informatie:

Bond van Materialenkennis
Postbus 390
3330 AJ Zwijndrecht
Telefoon: 078 - 619 2655
Fax: 078 - 619 5735.

Microverbinden

Microverbinden is een sleuteltechniek voor de productie van elektronische en fijnmechanische componenten. De vereniging FME-CWM is een onderzoeksprogramma gestart op de volgende gebieden:

Verbinden van geïsoleerde draad

Door integratie en miniaturisatie van componenten en producten zijn er ontwikkelingen bij geïsoleerde koperdraad met grote consequenties voor het verbinden. Door de steeds hogere eisen aan de hittebestendigheid van het isolatiemateriaal worden steeds vaker hogetemperatuurbestendige isolatiematerialen op polyamide-imidebasis gebruikt in plaats van thermoplastische coatings op basis van polyurethanen. Deze hogetemperatuurbestendige materialen lossen nauwelijks of te langzaam op in zachtsoldeer, waardoor deze zeer veel gebruikte verbindingstechniek grotendeels komt te vervallen. Steeds kleinere draaddiameters, tot 30 µm doorsnede en mogelijk zelfs kleiner maken dat het toepassen van de draad complexer wordt.

Doelstelling: Het ontwikkelen van methodieken voor het verbinden van geïsoleerd koperdraad van 30-100 µm doorsnede voorzien van hogetemperatuurbestendige coatings. Een belangrijk aandachtspunt is de reproduceerbaarheid en de betrouwbaarheid van de verbinding.

lees verder op pagina 38

Precisietechnologie jaarboek

Bij de opmaak van het Precisietechnologie jaarboek 1997 zijn op pagina 76 in de rechter onderhoek enkele paginaverwijzingen weggevalen. Bijgaand de juiste tekst om uit te knippen en op pagina 76 te plakken. Onze excuses, redactie Jaarboek.

VACUÛMCOMPONENTEN

Rivac Technology bv
Waalre 105

VACUÛMMETERS EN -OPNEMERS

Rivac Technology bv
Waalre 105
VEGA Industriële Automatisering
Amersfoort 113

VACUÛMSYSTEMEN

Rivac Technology bv
Waalre 105

Toepassingsmogelijkheden van Heat Seal Connection Heat seal connectors (HSC) worden gebruikt om een elektrische en flexibele, mechanische overbrugging te verzorgen tussen twee elektrische componenten, bijvoorbeeld een LCD (Liquid Crystal Display) en een printplaat of tussen twee (flexibele) printplaten onderling.

De heat seal connector bestaat uit een flexibele folie (bijvoorbeeld polyester of polyimide) met daarop een sporenpatroon aangebracht (bijvoorbeeld uit koper of koolstof). De feitelijke verbinding wordt tot stand gebracht door een anisotroop elektrisch geleidende lijmfilm, die meestal vooraf aan beide uiteinden van de folie is aangebracht.

Het doel van het onderzoek is de genoemde probleemgebieden nader te kwantificeren, om vervolgens met experimenteel onderzoek de belangrijkste knelpunten weg te nemen en de invloed van procesvariabelen zoals type heat seal connector, hoogte van de metallisatiesporen, eigenschappen van het substraatmateriaal, etc. in kaart te brengen en procesparameters te kunnen bepalen voor een aantal geselecteerde voorbeeldproducten.

Flip chip verbindingen

Bij flip chip verbindingen wordt de actieve zijde van de chip direct met het sporenpatroon op het substraat verbonden (lijmen of solderen). Voor consumentenelektronica, maar ook automotive en ruimtevaarttoepassingen, wordt flip chip verbinden daarom als de meest kansrijke techniek gezien voor het verbinden van naakte IC's in massaproductie en tegen aanvaardbare kosten.

Voordelen van de flip chip techniek zijn de in verhouding hoge aantallen in- en uitgangen per cm^2 waardoor de afmetingen en kosten van elektronische en fijn-

mechanische producten verder kunnen afnemen.

Doelstelling: het vervangen van bestaande processen (bijvoorbeeld die-attach in combinatie met draadbonden) door een flip chip techniek, zodat verdere miniaturisatie mogelijk is.

Statische procescontrole bij microverbinden

De vele functies van een product zijn vaak slechts te testen als het product klaar is. Wanneer dan fouten worden aangetroffen, moet in de regel het product worden weggegooid. Gevolg: hoge productiekosten! Door het beter beheersen van de productkwaliteit tijdens de fabricage kan de prijs van een product in de regel omlaag. Daar staat tegenover dat er geïnvesteerd moet worden in een passend kwaliteitssysteem. Wanneer voortdurend tijdens het productieproces relevante gegevens gemeten worden, is het mogelijk afwijkingen in trends te signaleren en te corrigeren. Het proces verbetert zich voortdurend. Een succesvolle implementatie van deze technieken vereist inzicht in de relatie tussen de gemeten procesparameters en de productkwaliteit. Doelstelling: het verhogen van de productkwaliteit en het verlagen van productuitval door het vinden van een relatie tussen meetbare procesparameters en de uiteindelijke kwaliteit van het product. Het opzetten van een methode om daarmee het productieproces bij te stellen.

Voor nadere informatie:

PMP

Ir. G.H.G. Vaessen

Postbus 541

7300 AM Apeldoorn

Telefoon: 055 - 549 3644

Fax: 055 - 549 3641.

Een kijkje bij de Instrumentele Dienst van het AZU

Externe fixateur

L.C. de Reede *Lang niet alle botbreuken genezen gemakkelijk. Dan helpt ingipsen niet en is een externe fixateur noodzakelijk om de botdelen bij elkaar te brengen. Maar botbreuken zijn niet de enige ongemakken waarvoor zo'n externe fixateur wordt toegepast: botverlenging, kraakbeenverbetering in gewrichten vergen een fixateur op maat, vaak met gedefinieerde vrijheidsgraden. Een kijkje bij de Instrumentele Dienst van het Academisch Ziekenhuis te Utrecht.*

Sommige ontdekkingen berusten op toeval. Deze geschiedenis speelde zich af in Rusland. Tijdens de tweede wereldoorlog kwam de arts Ilizarov, zoon van een herder, op de vlucht voor het oorlogsgeweld rond 1941 in Siberië terecht. Daar kreeg hij te maken met botbreuken die moeilijk te helen waren. Geavanceerde middelen om botdelen vast te zetten bestonden niet en Ilizarov maakte van een paar beugels en een paar fiets-spaken een externe fixateur, zie figuur 1. Vermoedelijk had hij iets dergelijks al eens zien toegepast door Duitse artsen bij de behandeling van hun oorlogsge-wonden. De fietsspaken gingen door het bot en werden onder spanning aan een beugel vastgezet. De beugels werden onderling verbonden door schroefdraad-stangen en zo was het mogelijk de fixateur zo in te stellen dat de botdelen bij elkaar kwamen.

Ilizarov's ontdekking

Sommige breuken wilden echter niet meer vastgroeien. Het verhaal gaat dat de patiënt zichzelf moest verzorgen doordat er onvoldoende verplegend personeel was. Ilizarov had de patiënt uitgelegd dat hij dagelijks de schroeven wat moest aandraaien zodat de botdelen stevig tegen elkaar geklemd bleven en zouden vastgroeien.

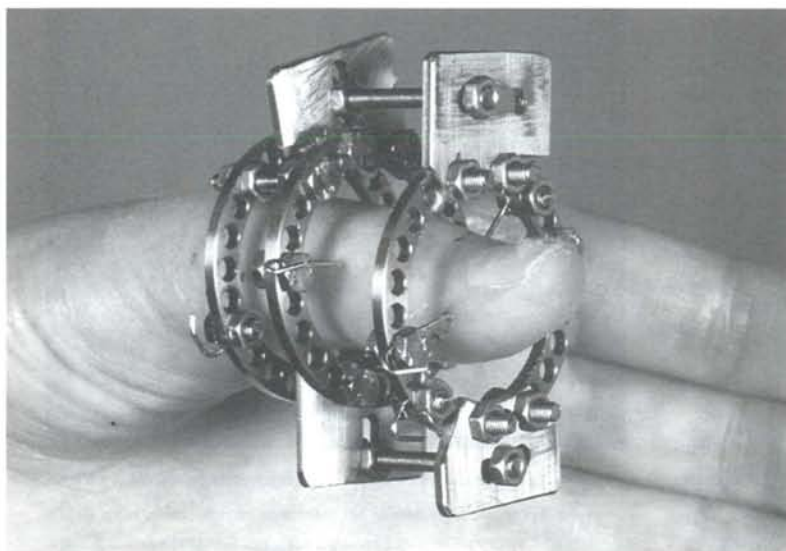
De breuk bleek bij deze patiënt voorspoedig te genezen, in tegenstelling tot vele andere gevallen. Dit intrigerde Ilizarov en hij ging op zoek naar de oorzaak. Die was verbluffend simpel: de patiënt had de schroeven verkeerd om aangedraaid, zodat de botdelen uit elkaar bewogen. Dit bleek voor het bot een stimulans om te gaan groeien en weer aan elkaar te groeien. Herhaalde proeven bevestigden dit resultaat. Ilizarov begon daarna aan de verbetering van de fixateur door de beugels zo sterk te maken dat de "spaken" met grote kracht, circa 1300 N, konden worden voorgespannen.

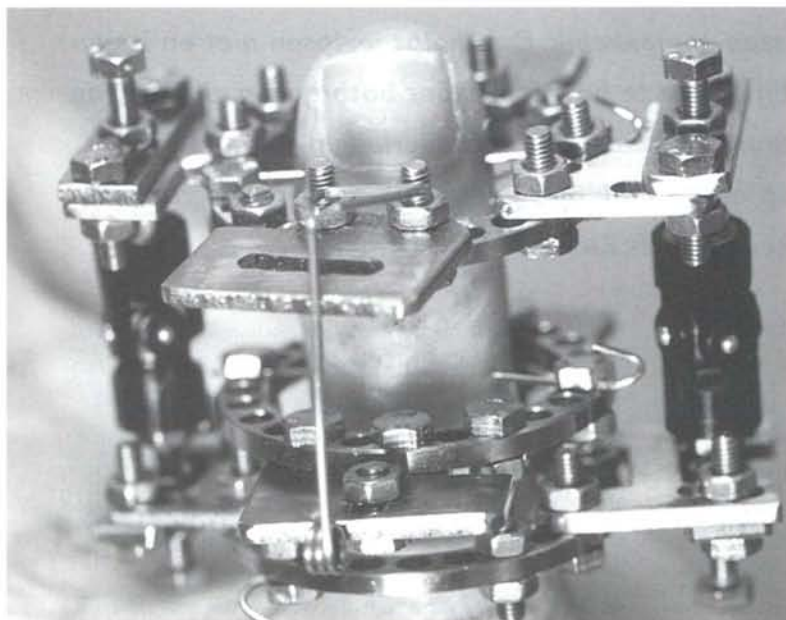
De rest van de wereld bleef echter onkundig van deze doorbraak in de behandeling voor lastige en moeilijk helende botbreuken. De doorbraak kwam in 1970 alweer door toeval tot stand: Een Italiaanse professor had bij het bergbeklimmen zijn been gebroken en de breuk wilde niet helen. Hij ontmoette een journalist die gezien had hoe Ilizarov dergelijke moeilijke gevallen behandelde. Het resultaat was de professor naar Ilizarov ging om zich te laten behandelen en bij terugkomst in Italië verslag deed van zijn wonderbaarlijke genezing, waardoor deze behandeltechniek in het Westen bekend werd. Het duurde tot 1988 voordat de behandeltechniek in Nederland werd geïntroduceerd op initiatief van het Academisch ziekenhuis Utrecht AZU in samenwerking met Belgische collega's in Leuven.

Fixateur

Deze anekdote vertelt orthopedisch chirurg Peter Roermond, terwijl we met Ed Duiveman van de Instrumentele Dienst door de gangen van het AZU lopen op weg naar een patiënt om de fixateur in de praktijk te zien. "Het onderzoek gaat inmiddels al veel verder en we boeken resultaten die vroeger niet voor mogelijk werden gehouden. Daarbij hebben we de hulp van de Instrumentele Dienst hard nodig bij het aanmeten van de fixateur en het aanbrengen van wijzigingen die nodig zijn bij de voortgang van de behandeling."

Figuur 1. Externe fixateur volgens Ilizarov, een Russische arts die ontdekte dat je botbreuken kon genezen door de botdelen iets van elkaar te trekken en te laten bewegen (veren). Hier toegepast op een duim, maar dan om het gewricht te genezen na een ski-ongeval.





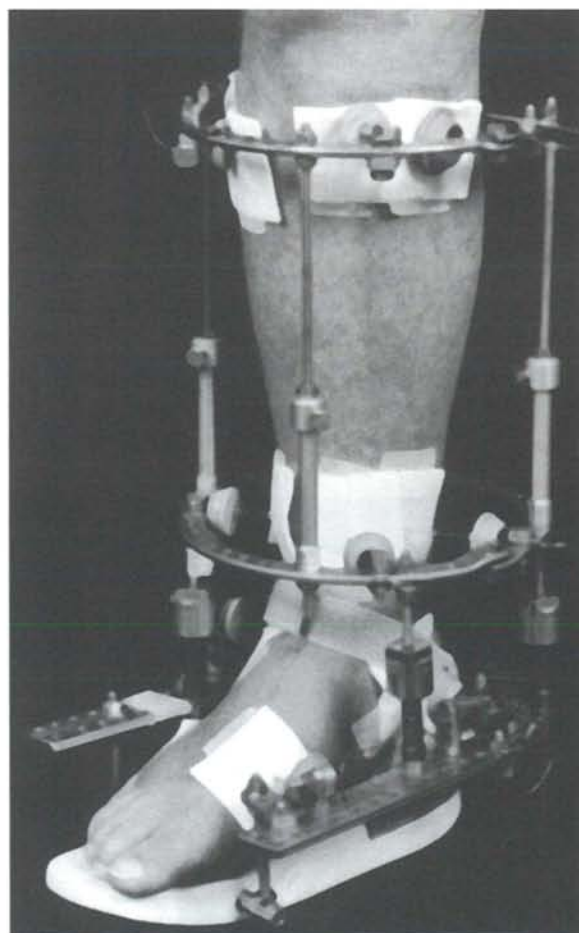
Figuur 2. Externe fixateur van figuur 1. Tijdens de behandeling wordt de fixateur aangepast door het aanbrengen van scharnieren en spanveren. Daardoor kan het gewricht weer gebogen worden.

"Je moet het eerst gezien hebben en de achtergronden snappen voordat je de fixateur kunt maken die we nodig hebben" meent Peter. "Je moet het zo zien: de spaken hebben een zekere vering die belangrijk is bij de genezing." Door ervoor te zorgen dat de botdelen iets van elkaar staan kunnen voedingsstoffen uit het lichaam, die de groei van het bot bevorderen, tussen de botdelen komen. De vering van de spaken is van belang omdat die zorgen dat er tussen de botdelen een pompwerking ontstaat die de voedingsstoffen laat circuleren. Je zult het niet geloven, maar op die manier kunnen we een been vele centimeters laten groeien. Sinds enige tijd werken we nu aan gewrichten. Eenmaal beschadigd kraakbeen in een gewricht wil nooit meer genezen, omdat de voedingsstoffen niet bij de kapotte plek kunnen komen. Bijvoorbeeld bij een knie kan beschadigd kraakbeen zoveel pijn opleveren, dat de enige oplossing die overblijft het vastzetten van de knie is door het laten vergroeien van de botdelen. Sinds enige tijd hebben we succes met het herstellen van het kraakbeen, door de patiënt een externe fixateur te geven die in feite net zo werkt als bij het genezen van botbreuken. Alleen het gewricht moet in beweging blijven en daarvoor moet de Instrumentele Dienst oplossingen bedenken.

Instrumentele Dienst

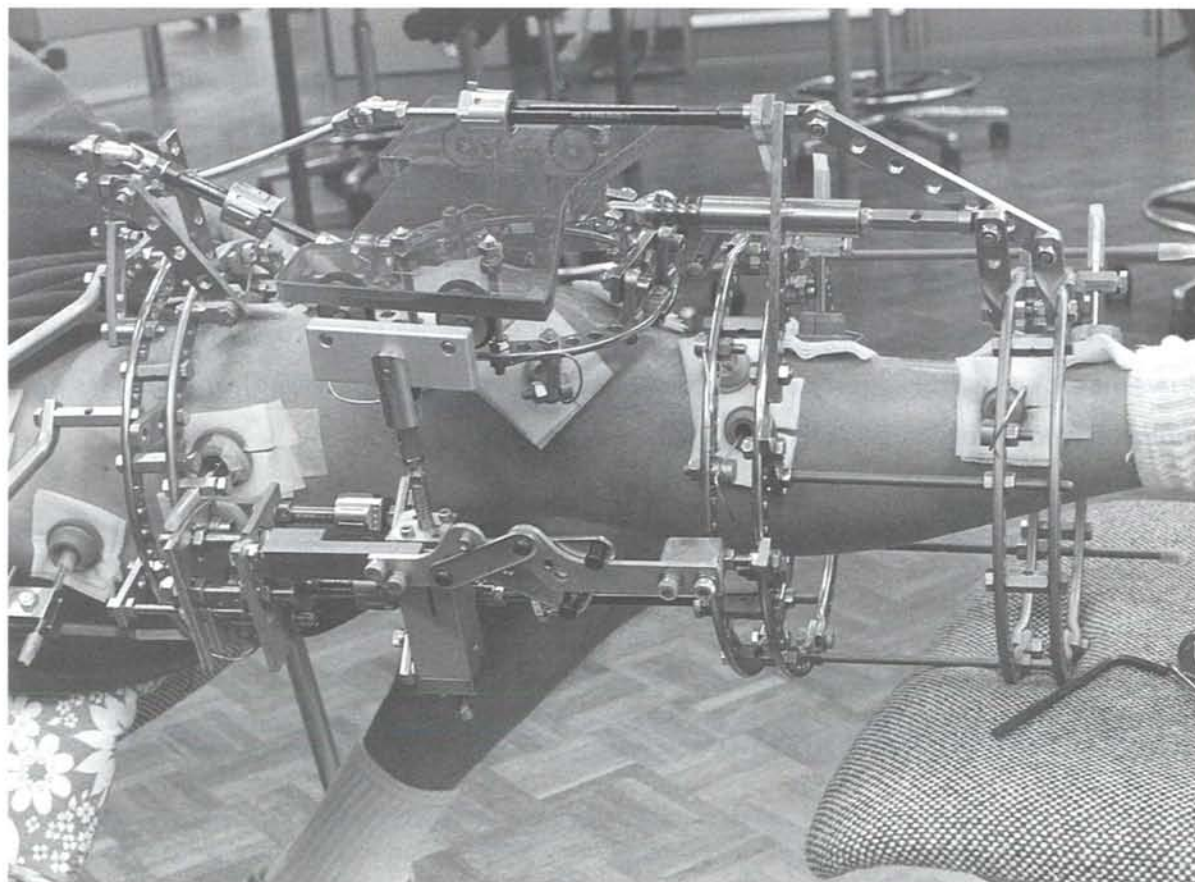
En dat is een hele toer vertelt Ed Duiveman. Neem nou bijvoorbeeld de behandeling van een duim waarvan het gewricht is beschadigd door een val bij het skiën. Wij moeten dan een fixateur maken die door de chirurg

wordt gebruikt. Daar kun je geen dagen over nadenken, want zo'n operatie kun je niet al te lang uitstellen. In feite maken we een systeem dat naar behoefte kan worden aangepast gedurende de behandeling. Vaak is de eerste fixateur star, omdat eerst de delen op hun plaats gebracht moeten worden. Maar al snel daarna moet het gewricht weer bewegen, zodat er scharnieren moeten worden ingebouwd. Bij de beweging moet het draaipunt natuurlijk wel op de goede plaats liggen. En je kunt de fixateur natuurlijk niet even losnemen voor ombouw in de instrumentmakerij. Er zit steeds een patiënt aan vast, die ook niet blij wordt van al dat gesleutel. Je moet dus ook aardig met mensen kunnen omgaan om de angst een beetje weg te nemen. Aan de hand van foto's laat Ed zien hoe hij een fixateur voor een duimgewricht heeft gemaakt en hoe in de loop van de behandeling scharnieren zijn aangebracht, zie figuur 2a en b. Dat doen we niet alleen voor duimen, maar ook voor enkels en knieën, zie figuur 3.



Figuur 3. Ook enkelgewrichten worden met deze fixateur behandeld. In dit geval gaat het om het kraakbeen in het gewricht te laten herstellen, zodat de pijn verdwijnt die het raken van de botten veroorzaakt.

Figuur 4. Fixateur waarmee de knieschijf langzaam wordt losgetrokken. Als gevolg van een ongeval of langdurig ziekbed komt het voor dat de knieschijf vastgroeit waardoor normaal lopen niet meer mogelijk is.



Laatst hadden we een bijzonder geval met een knie. De knieschijf zat vast en het idee van Peter was om die geleidelijk aan los te trekken met een fixateur. De knie moest echter wel gewoon belast en gebogen kunnen worden. Dat was dus een hele puzzel, omdat je eerst de juiste plaats van de scharnierpunten moest kunnen vinden en instellen. Daarbovenop kwam dan het systeem dat met een pen aan de knieschijf moest trekken. Zoek dan maar even uit wat de baan moet zijn om de knieschijf steeds loodrecht op trek te belasten bij elke

gebogen stand van de knie. We hebben daar een oplossing voor gevonden die werkt en waarmee de patiënt succesvol is behandeld, zie figuur 4. Zo'n vastzittende knieschijf blijkt vaker voor te komen als gevolg van herstel na een ongeval of bij mensen die langdurig op bed hebben gelegen of in het gips hebben gezeten. Dan is het leuk als je een steentje hebt kunnen bijdragen in de behandeling van zo'n probleem.

Microsysteemtechnologie

MST als specialisatie van de Fijnmechanische Techniek aan de Hogeschool van Utrecht

R.M.J. Sillen, H.W. Croon *Knelpunten bij de ontwikkeling en toepassing van microsysteemtechnologie (MST) liggen niet zo zeer op het gebied van de kennis en technologie: Nederland kan qua onderzoek tot de top vijf van de wereld worden gerekend. Wel treedt stagnatie op in de overdracht van onderzoeksresultaten naar de industrie waardoor het vinden van toepassingen belemmerd wordt. De studievariant Fijnmechanische Techniek (FMT) van de Hogeschool van Utrecht heeft zich sinds 1994 intensief bezig gehouden met MST en wil de kloof tussen Universiteiten en bedrijven helpen overbruggen door relevante kennis voor (toekomstige) ontwerpers en productontwikkelaars in bedrijven toegankelijk te maken.*

Figuur 1. Door vloeistof aangedreven micro-turbine, vervaardigd in het Forschungszentrum te Karlsruhe, door middel van het LIGA proces in combinatie met fijnmechanische techniek. Mogelijk te gebruiken voor het verwijderen van verkalkingen in aderen. (Bron MST news 19/97)

Microsysteemtechnologie (MST) wordt door sommigen aangemerkt als dé technologie van de toekomst. Nadat eerst stoommachines de krachtfunctie en later IC's de intelligentiefunctie van de mens hebben nagebootst, zal microsysteemtechnologie hieraan ondermeer de zintuiglijke waarneming kunnen toevoegen, en wel op een schaal die kleiner is dan enkele millimeters.

In de voorgaande jaren zijn er van diverse kanten acties ondernomen om te wijzen op de huidige status en de potentie van MST: rapport van Stichting Toekomst der Techniek in 1994 [1], Technieuws van EZ [2] en Centrum voor Mikro-elektronica [3] in 1995. Op basis van de vraag welke mogelijkheden er zijn om een goede ontwikkeling van MST in Nederland te waarborgen is door het innovatie adviesbureau Van de Meer & van Tilburg, in opdracht van de Overlegcommissie Verkenningen van OC&W, een inventarisatie gemaakt

van de opties die deze ontwikkeling kan waarborgen. Het resultaat is vastgelegd in een verkennende achtergrondstudie Microsysteemtechnologie uitgebracht in 1996 [4].

De belangrijkste conclusie in het rapport is dat de knelpunten bij de ontwikkeling en toepassing van Microsysteemtechnologie niet zo zeer liggen op het gebied van de kennis en technologie: Nederland kan qua onderzoek tot de top vijf van de wereld worden gerekend. Wel wordt geconstateerd dat het Nederlandse bedrijfsleven nog aarzelend staat ten opzichte van MST; er treedt stagnatie op in de overdracht van onderzoeksresultaten naar de industrie waardoor het vinden van toepassingen belemmerd wordt.

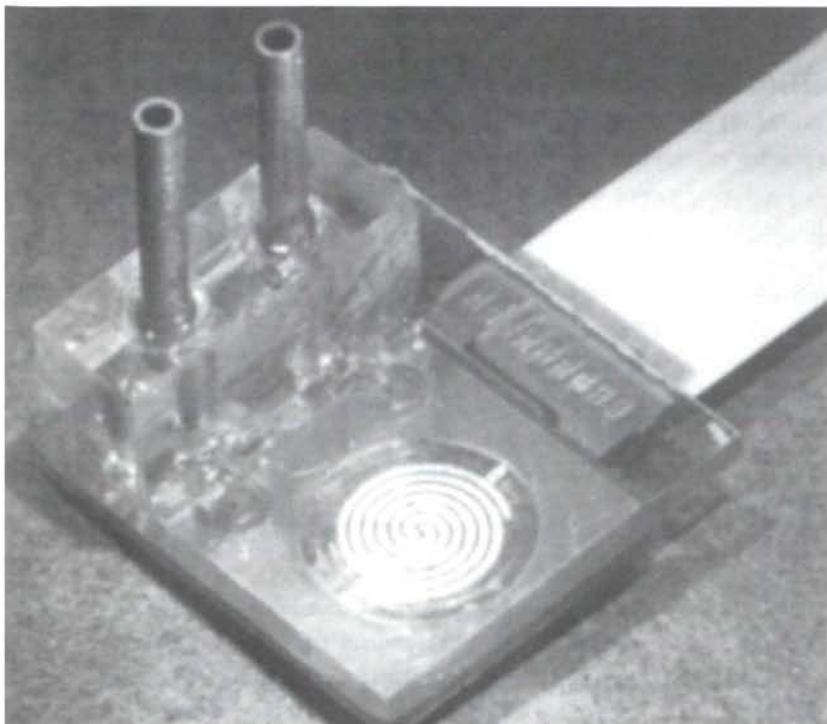
Toepassingen en toepassingsmogelijkheden

De ontwikkeling van microsysteemtechnologie kan men voor wat betreft de afgelopen jaren vooral karakteriseren door een sterke groei van de technische mogelijkheden. Het accent ligt steeds meer op het ontwikkelen van commercieel aantrekkelijke producten. De eerste winstgevende voorbeelden dienen zich aan en de groei naar een economische verankering van het vakgebied krijgt steeds meer vorm.

De voordelen van microsysteemtechnologie zijn dan ook indrukwekkend en belangrijk:

- MST levert producten van geringe afmetingen met een grote reproduceerbaarheid, betrouwbaarheid en levensduur;
- Er is veelal een hoge mate van functie-integratie of de mogelijkheid tot het realiseren van nieuwe functies;
- MST-producten zijn gering van gewicht, dit is vooral van belang bij medische toepassingen en bij lokaties die anders ontoegankelijk zouden zijn, zie figuur 1;





Figuur 2. Micro pomp – volume van de pompkamers varieert van 0.3 tot 2ml – vervaardigd in het Forschungszentrum te Karlsruhe door een combinatie van plastic moulding en membraan technieken. (Bron: MST news 12/95)

– Microsysteemtechnologie leidt tot lager energie- en grondstoffengebruik, mede hierdoor kunnen de totale kosten lager zijn.

Gerealiseerde toepassingen

Een inventarisatie van gerealiseerde toepassingen en veelbelovende toepassingsmogelijkheden levert een scala van voorbeelden op:

De auto-industrie is een van de voortrekkers van MST, zoals blijkt uit de grootschalige toepassing van versnellingsopnemers ten behoeve van de airbag. Sensoren in ABS-systemen, Smart-suspension enz. zijn volop in ontwikkeling.

In de milieutechnologie is de registratie van parameters ter plekke met kleine handzame apparaten de grote drijfveer. Men denke hierbij aan het direct constateren van water- en luchtvervuiling, nu vaak alleen nog mogelijk door omslachtige analyse van monsters in een laboratorium.

De informatie- en telecommunicatietechnologie vormt een ander groot potentieel. Men kan hierbij denken aan connectoren in combinatie met signaalverwerking van glasvezels of horloges als multimedia-unit. Anderszins horen ook thuisafdrukssystemen (waarin de mogelijkheden van kleurendrukken, kopiëren, scannen en faxen gecombineerd worden) tot het toepassingsgebied.

De consumentenmarkt levert naar verwachting een groot potentieel, maar zal door de hoge investeringen die

massaproductie met zich meebrengt niet voorop lopen. Toch kent men ook daar de eerste toepassingen: een stofzuiger met stofsensor zal binnenkort te verkrijgen zijn.

In de agrarische wereld is het volgen van dieren realiteit: het systeem kan op basis hiervan op gecontroleerde wijze input en output aan elkaar koppelen (automatisch bedienen van voer- en waterplaatsen op basis van individuele dierenmerken). In de toekomst kan dit systeem uitgebreid worden om gezondheids- en welbevindingskenmerken van individuele dieren te volgen.

In de tuinbouw, met name in kassen, zal de productie in steeds grotere mate gebruik maken van door MST-sensoren verkregen parameters.

De medische technologie speelt een belangrijke voortrekkersrol. Hier spelen economische factoren een minder uitgesproken rol maar wordt vooral het voordeel gezien in de sterke miniaturisering en de betrouwbaarheid. Als voorbeeld geldt hier een implanteerbare oogdrukkelep, het toedienen van medicijnen in gecontroleerde doses, zie figuur. 2, en micropacemakers.

Met betrekking tot toepassingen in de productietechnologie en in de procestecnologie bestaat de verwachting dat MST een belangrijke rol gaat spelen doordat een veel nauwkeuriger controle met meer beslissingsmomenten tijdens het productieproces een hogere kwaliteit garandeert en het toepassen van steeds ingewikkelder processen mogelijk maakt.

De luchtvaart, ruimtevaart en onderzoek richten zich vooral op specialiteitenproductie, gekenmerkt door grotere intelligentie en producten met een innoverend karakter die naar andere markten zullen overvloeien. Voorbeelden zijn: lifesupport systems, smart materials en actieve oppervlakte-elementen.

Kennisoverdracht

Volgens het MUST-rapport [3] begint de industriële activiteit te groeien: naar schatting 300 bedrijven in Nederland zijn op dit moment bezig met ontwikkeling of productie op het gebied van de MST, 200 anderen geven aan op korte termijn dat te willen gaan doen. Het totale potentieel wordt geschat op 1800 bedrijven. In het algemeen is de kennis van MST-technieken beperkt en de kennis over mogelijke toepassingen zo mogelijk nog beperkter.

De overdracht van onderzoeksresultaten naar industrie en het vinden toepassingen wordt als belangrijke belemmering gezien. Knelpunten daarbij zijn dat er binnen het onderzoek onvoldoende aandacht wordt besteed aan produceerbaarheid, packaging, bedrijfs-

zekerheid en dergelijke en dat er een communicatiekloof bestaat met het bedrijfsleven.

Veel bedrijven geven aan dat ze behoefte hebben aan personen of organisaties die kennis hebben van zowel markt als technologie en die als intermediair zouden kunnen optreden.

HBO-opleidingen vervullen hierin een traditionele rol waarin door zowel het bijbrengen van kennis van de mogelijkheden van technologie (waarbij kennis van MST en FMT in dit geval kruisbestuivend werkt) als kennis van productontwikkelingsprocessen economische voorwaarden geschapen worden tot een verantwoord introduceren van MST-technieken.

De intermediaire functie kent diverse aspecten, waaronder:

- het verschaffen van informatie op basis van een inventarisatie van werkwijzen, bestaande producten en infrastructuur (voor welke technologie etc. moet men waar zijn?)
- het opleiden op alle niveaus ter verbetering van de bewustwording van de kansen en mogelijkheden van MST. Behalve op academisch niveau bestaan er nauwelijks opleidingen in Nederland, ook niet in de vorm van permanente educatie.

In met name Duitsland kent men aan de Fachhochschulen een belangrijke rol toe bij deze intermediaire functie. Meer dan eenderde van de Fachhochschulen houdt zich bezig met Microsysteemtechnologie c.q. Microtechniek waaronder zelfs enkele Fachhochschulen die een volledig Microtechniek-opleiding hebben (o.a. Gelsenkirchen en Zweibrücken).

In het kader van Europese projecten zoals LEONARDO en SOCRATES spelen Duitse Universiteiten en Fachhochschulen een voortrekkersrol bij het van de grond krijgen van een Europees curriculum op HBO-niveau.

MST en Hogeschool van Utrecht

De Hogeschool van Utrecht, studievariant Fijnmechanische Techniek heeft zich vanaf 1994 intensief bezig gehouden met het opbouwen van expertise op het gebied van de MST, met name door intensieve contacten met de MESA te Enschede (docenten- en studentenstages).

In totaal zijn reeds meer dan 700 mensdagen door stagiaires en 300 dagen door afgestudeerden besteed aan ontwikkeling en onderzoek.

Momenteel heeft de Hogeschool van Utrecht vele binnen- en buitenlandse contacten. Deze hebben in de

afgelopen maanden tot enkele zeer bevredigende activiteiten geleid. In november hebben 7 studenten van de Fachhochschule Gelsenkirchen studierichting Microtechniek samen met 7 studenten van de studievariant FMT van de HvU een praktikum volbracht. Verder is er door de MicMec-groep van UT Twente een symposium voor studenten met als thema "MST in Practice" georganiseerd, waaraan deelgenomen is en bijdragen geleverd zijn door de TU's uit Twente en Delft, de Fachhochschulen uit Gelsenkirchen en Münster en de Hogeschool van Utrecht.

In de nabije toekomst zal worden deelgenomen aan projecten die zijn opgezet in het kader van de Europese SOKRATES en LEONARDO programma's.

De activiteiten van de Hogeschool van Utrecht hebben tot de volgende initiatieven geleid:

- In het huidige studiejaar is voor het eerst een lesmodule MST voor HTO-studenten in Utrecht gegeven. Het aantal modules zal naar verwachting de komende jaren worden uitgebreid, onder andere met een praktijkmodule.
- Een afstudeerspecialisme MST voor studenten Fijnmechanische Techniek is momenteel onderwerp van studie.
- De Hogeschool van Utrecht heeft de nodige ervaring op het gebied van zogenaamde Triangel-projecten. Dit is een samenwerkingsverband tussen een bedrijf, de hogeschool (met inzet van studenten) en een extern adviseur. In de komende jaren zullen ook een aantal projecten op het gebied van MST, naar verwachting in samenwerking met onder andere STW, op deze wijze worden opganggebracht.
- Korte Post-HTO-cursussen zullen als vervolg op de reguliere opleiding worden voorbereid. Hiermee wordt tegemoetgekomen aan de behoefte van bedrijven aan algemene kennis over MST, zoals in het onderzoek van het CME wordt genoemd.

Met bovenstaande initiatieven stelt de Hogeschool van Utrecht zich ten doel om relevante en praktische kennis voor (toekomstige) ontwerpers en ontwikkelaars in bedrijven toegankelijk te maken.

Conclusie

Het rapport Microsysteemtechnologie van de Overlegcommissie Verkenningen geeft aan dat het op HBO-niveau schort aan opleidingsmogelijkheden met betrekking tot MST.

Voorts wordt als aanbeveling gegeven dat de connectie tussen MST en FMT sterker ontwikkeld dient te worden.

Figuur 3. Microcamera
packaged door het
gebruik van MCM-V
(Het verticale Multi
Chip Module proces)
van 3D Plus/Thomson-
CFS DOL. (Met dank
aan 3D Plus, bron
MST news 15/96)



Bij een vergelijking met de curricula van de Duitse Microtechniek-opleidingen blijkt dat er een grote overlap bestaat met het curriculum van de studievariant FM van de Hogeschool van Utrecht. Daarom lijkt in de Nederlandse situatie op dit moment nog geen (kwantitatieve) behoefte aan een nieuwe opleiding MST op HBO-niveau.

Dit heeft ondermeer geleid tot het initiatief voor een nieuwe afstudeerdifferentiatie MST binnen de studievastant FMT.

Het ontwikkelen van een idee tot een product tot een uitontwikkelde toepassing is de leidraad bij het onderwijs van de MST met het accent op Packaging en Assembly, zie figuur 3. Eenvoudige practicumfaciliteiten waarin studenten met elementaire processen kennis kunnen maken zijn hierbij noodzakelijk. In zo'n ontwikkelproces, met name voor het MKB, is een geavanceerd laboratorium voor prototypen als bijvoorbeeld bij het MESA-instituut in Twente onontbeerlijk. Om de aansluiting op de practijksituatie zo groot mogelijk te laten zijn zal gebruik gemaakt worden van een netwerk van bedrijven en instellingen met kennis en interesse op het vakgebied, ook internationaal.

Tot slot

MST is bij uitstek een technologie waar een groot aantal vakgebieden samenkomen. Binnen de FMT is dit een bekend fenomeen, getuige begrippen als optronica en mechatronica. Wij voegen daar een nieuw begrip voor MST aan toe om het synergetisch karakter te benadrukken: MST als Micro-Mechatronica.

Literatuur

- [1] *Microsystem technology exploring opportunities*, STT 1994.
- [2] *Microsystemen. Een technologie opzoek naar industriële toepassingen*, Technieus EZ 1995
- [3] *Microsystemen. Realiteit in uw product*, CME 1995
- [4] *Microsysteemtechnologie, Overlegcommissie Verkenningen*, OC&W 1996

Auteursnoot

Dr. R.M.J. Sillen en Ir. H.W. Croon zijn docenten aan de Hogeschool van Utrecht, Faculteit Natuur en Techniek, Afdeling Industriële Techniek, Studievastant Fijnmechanische Techniek, Postbus 573, 3500 AN Utrecht, Telefoon: 030-2308108 toestel: 560, fax: 030-2319270.
Email: hcroon@it.fnt.hvu.nl, rsillen@it.fnt.hvu.nl

Ondersteuning van een telescoopspiegel

Klaas Compaan Bij het bouwen van een Newtontelescoop komt men op zeker moment terecht bij de vraag hoe de gekochte of zelf geslepen hoofdspiegel moet worden ondersteund. Op drie of meer punten, en als het er maar drie zijn, moeten die dan aan de rand komen of meer naar het midden? Voor een zelfbouwer is het belangrijk om het antwoord op deze vragen te kennen, want een onjuiste ondersteuning kan de prestaties van een goede spiegel bederven.



Een spiegel vervormt onder invloed van zijn eigen gewicht. Deze vervorming is het grootst wanneer de kijker naar het zenit gericht staat. In dit artikel gaan we na hoe groot dit effect is en hoe we het zo klein mogelijk kunnen maken.

Vaak zijn drie symmetrisch gelegen ondersteuningspunten voldoende. In de literatuur treft men nogal uiteenlopende adviezen aan over de beste plaats van deze punten. In de klassieke boeken "Lunettes et télescopes" van A. Danjon en A. Couder (1935) en "La construction du télescope d'amateur" van J. Texereau (1961) wordt aangeraden om de drie oplegpunten vlakbij de rand van de

spiegel te kiezen, dus op een relatieve straal $r = 1$. In andere boeken wordt $r = 0,7$ of $0,8$ aangegeven. Maar wat is nu de beste waarde?

De toelaatbare vervorming

Voordat we kunnen zeggen of een bepaalde ondersteuning goed genoeg is, moeten we een optische eis stellen waar de spiegel aan moet voldoen. Men zou kunnen uitgaan van de Rayleigh-limiet, die stelt dat de grootste top-top afwijking van het spiegeloppervlak niet groter mag zijn dan $\lambda/8$, waarin λ de golflengte van het gebruikte licht is, doorgaans 0,55 micrometer. Wij hebben echter een ander criterium genomen,

namelijk dat van Maréchal, dat eist dat de effectieve waarde (RMS) van de afwijking niet groter is dan $\lambda/28$, zie kader. Belangrijk is daarbij dat het niet gaat om de absolute vervorming, maar om de afwijking ten opzichte van een zo goed mogelijk passende paraboloïde, die immers een perfecte afbeelding zou geven.

Nu zijn er verschillende oorzaken die bijdragen tot beeldfouten, zoals slijpfouten van de spiegel, slechte seeing (maat voor de turbulentie in de atmosfeer, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de trilling boven een heet wegdek) enzovoorts. De vervorming van de spiegel op zijn ondersteuning zal dan ook slechts een klein deel van de totale marge mogen opeisen. In navolging van Couder hebben we gekozen voor een effectieve waarde van $\lambda/90$.

Doorbuiging van de spiegel

In de elasticiteitstheorie over dunne ronde platen kom je in de formules voor de doorbuiging de waarde van R^4/e^2 tegen, waarin R de halve middellijn voorstelt, en e de dikte, beide in cm. Het blijkt namelijk dat de doorbuiging recht evenredig is met deze R^4/e^2 . In de evenredigheidsfactor, die de dimensie $1/\text{cm}$ heeft, zitten om te beginnen de materiaaleigenschappen van de plaat, zoals het soortelijk gewicht en de elasticiteitsmodulus. In dit artikel gaan we uit van pyrex als het spiegelmateriaal. De maximaal toelaatbare waarde van R^4/e^2 , waaruit we de benodigde dikte voor de spiegel kunnen berekenen, hangt verder af van het aantal ondersteuningspunten, van hun plaats, en van de verdeling van het gewicht over die punten, wanneer de spiegel horizontaal ligt en de grootste vervorming ondergaat.

De limieten van Rayleigh en Maréchal

In een ideale telescoop wordt het licht van een ster als een zuiver bolvormig "golffront" naar het brandpunt geconcentreerd. In elk punt van dit golffront zijn de lichtgolven onderling steeds in precies dezelfde fase, zodat ze elkaar versterken. Wanneer in werkelijkheid het golffront niet zuiver bolvormig is, komt een deel van het licht met een verkeerde fase in het brandpunt aan, waardoor de afbeelding slechter wordt. Op verschillende manieren kan deze afwijking worden uitgedrukt in een getal, dat iets zegt over de optische kwaliteit van de telescoop. Het meest bekend is de zogenaamde Rayleigh-limiet. Hierbij wordt tegen het werkelijke golffront aan één zijde een zo goed mogelijk passende, rakende bol gelegd, en wordt de grootste afwijking ten opzichte daarvan bepaald. Als deze afwijking niet groter is dan een kwart golflengte van het gebruikte licht (meestal neemt men groen licht van 0,550 micrometen golflengte, omdat het oog hiervoor het meest gevoelig is), wordt aan de Rayleigh-limiet voldaan. In de meeste gevallen is een kijker die aan deze " $\lambda/4$ " limiet voldoet van acceptabele kwaliteit; daarboven worden de optische prestaties duidelijk slechter.

Omdat echter niets wordt gezegd over het verloop van de afwijkingen, alleen over de maximale waarde, is de Rayleigh-limiet niet altijd streng genoeg.

De zo goed mogelijk passende bol hoeft overigens niet het oorspronkelijke brandpunt als middelpunt te hebben, maar mag vrij worden gekozen. Dit betekent dat het beste brandpunt iets kan afwijken van het oorspronkelijke.

Een beter, maar wat moeilijker te bepalen kwaliteitscriterium is de limiet van Maréchal. Hierbij wordt een zuiver boloppervlak dwars door het werkelijke golffront heen gelegd, zodat de afwijkingen zowel positief als negatief worden. Vervolgens wordt de effectieve waarde van de afwijkingen bepaald. Dit is de wortel uit het gemiddelde van het kwadraat van de afwijking (de Engelse term is RMS: root mean square).

In formule:

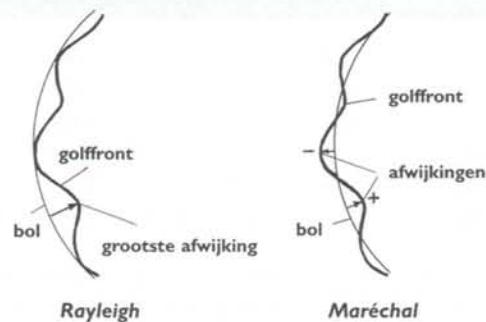
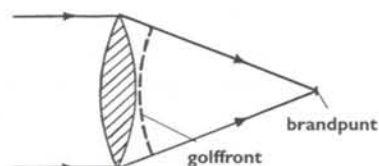
$$A = \sqrt{\frac{1}{O} \int_O a^2 dO}$$

waarin a de afwijking van het golffront is en O het oppervlak.

Het referentie-boloppervlak, dat weer vrij mag worden gekozen, wordt zodanig gelegd dat het resultaat A zo klein mogelijk wordt. A is dan de effectieve waarde van de afwijking, en als deze niet groter is dan $\lambda/14$ voldoet de telescoop aan de Maréchal-limiet.

In normale gevallen zijn de uitkomsten van de limieten van Rayleigh en Maréchal ongeveer gelijkwaardig, maar bij onregelmatige afwijkingen is de Maréchal-limiet te prefereren, omdat deze beter rekening houdt met de vorm van deze afwijkingen.

Het bovenstaande heeft betrekking op het golffront. Bij een telescoopspiegel veroorzaakt een afwijking, bijvoorbeeld een kuil in het oppervlak, een twee maal zo grote fout in het golffront, omdat het licht de extra afstand twee keer moet afleggen. Voor het spiegeloppervlak zijn dus de Rayleigh- en Maréchal-limieten respectievelijk $\lambda/8$ en $\lambda/28$. Men vergelijkt dan bij een parabolische spiegel het oppervlak met een zuivere paraboloïde, die bij Rayleigh tegen het oppervlak aan wordt gelegd, of bij Maréchal er dwars doorheen.



Couder heeft al aangegeven dat bij drie oplegpunten aan de rand $R^4/e^2 = 1000$ wordt voor een afwijking van $\lambda/90$ effectieve waarde. Voor een spiegmiddellijn van 20 cm ($R = 10$ cm) vinden we hieruit een kleinste toelaatbare dikte $e = 3,16$ cm. Zouden we een 30 cm spiegel hebben, dan zou de dikte al 7,1 cm moeten zijn.

Maar hoe vinden we de waarde van R^4/e^2 als de drie punten meer naar het midden liggen, of als er meer punten zijn, verdeeld over verschillende cirkels? Nu kende Couder de elasticiteitstheorie wel, waaruit je deze waarde zou kunnen vinden, maar... die formules zijn zo gecompliceerd dat je er zonder computer niet veel aan hebt. Couder heeft toen allerlei handige trucjes bedacht om deze waarde te vinden voor de grote spiegels van de verschillende Franse observatoria.

We hebben nu echter computers tot onze beschikking, zodat we die ingewikkelde formules (bijvoorbeeld uit "Flächenträgerwerke" van Karl Girkmann) aan kunnen. Nu zou het het mooist zijn als je bijvoorbeeld tegen de computer kon zeggen: hier heb je 40 steunpunten en vertel me maar waar die moeten staan en welke krachten erop moeten werken, en vertel ook meteen wat dan R^4/e^2 mag zijn.

Mijn computer, een Atari, is daar echter niet toe in staat, althans ik heb daar geen programma voor kunnen schrijven. Het probleem heb ik daarom als volgt vereenvoudigd: gegeven een aantal cirkels met daarop een gegeven aantal steunpunten symmetrisch verdeeld. Bepaal vervolgens voor iedere cirkel de beste waarde van de straal en de kracht er op, zodat R^4/e^2 zo groot mogelijk wordt met inachtneming van de optische $\lambda/90$ eis. Dat probleem is inderdaad programmeerbaar, en een aantal resultaten staat vermeld in de tabel. We bekijken eerst het eenvoudigste geval: drie steunpunten op één cirkel, zie tabel.

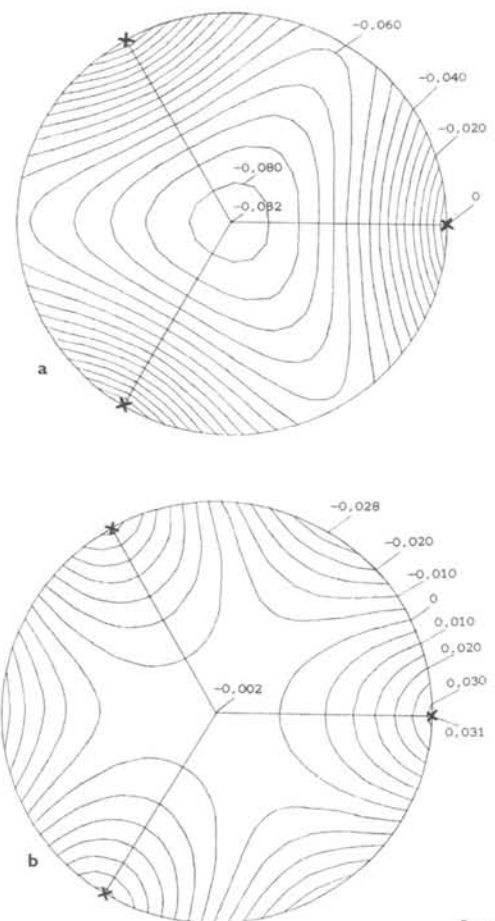
Steunpunten	r_1	r_2	r_3	k_1	k_2	k_3	R^4/e^2
3	1,000	-	-	1,000	-	-	1000
3	0,401	-	-	1,000	-	-	6130
6	0,573	-	-	1,000	-	-	43690
3 + 6	0,132	0,633	-	0,098	0,902	-	54110
6 + 12	0,327	0,748	-	0,271	0,729	-	399180
6 + 9 + 12	0,225	0,502	0,796	0,127	0,274	0,599	578840

Tabel 1 Enkele mogelijke spiegelerondersteuning. Aangegeven zijn de relatieve straal r waarop de steunpunten liggen en het aandeel k van de totale oplegkracht dat die punten dragen. Alle configuraties, behalve de eerste, zijn berekend voor minimaal nadelig effect op de vorm van de spiegel.

Drie steunpunten

In de bovenste regel van de tabel staat het geval dat we drie steunpunten aan de rand hebben ($r_1 = 1$). Zoals we al wisten is in deze situatie $R^4/e^2 = 1000$, en moet een 20 cm spiegel dus minstens 3,16 cm dik zijn. De vervorming die dan ontstaat is in figuur 1 is weergegeven als hoogtelijnen-patroon, waarbij figuur 1a de absolute vervorming toont, uitgedrukt in het aantal golflengten λ , terwijl Fig. 1b de afwijking toont ten opzichte van de beste referentie-paraboloïde volgens Maréchal. In Fig. 2a en 2b zien we ditzelfde als ruimtelijke figuren, waarbij de schaal in verticale richting honderdduizenden malen is vergroot.

We zien dat het midden van de spiegel inzakt, en dat de rand een golving rondom de steunpunten vertoont. Na correctie met de referentie-paraboloïde, de figuren



Figuur 1

Hoogtelijnen op een 20 cm spiegel van 3,16 cm dikte, bij oplegging op drie steunpunten langs de rand. In a) wordt de werkelijke vervorming getoond, uitgedrukt in λ . Het nulvlak is genomen door de steunpunten. In b) zien we de afwijkingen die overblijven wanneer de best passende paraboloïde er van is afgetrokken. Het zijn deze afwijkingen die bepalend zijn voor de invloed van de ondersteuning op de beeldkwaliteit. Ze bedragen hier $\lambda/90$ in effectieve waarde.

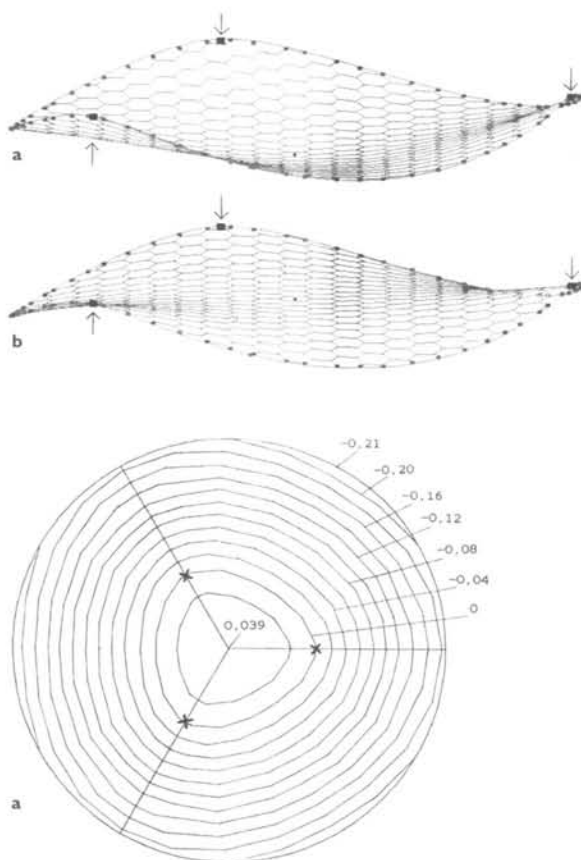
Ondersteuning van een telescoopspiegel

1b en 2b, is de kuil in het midden verdwenen, maar de golf langs de rand is natuurlijk onveranderd.

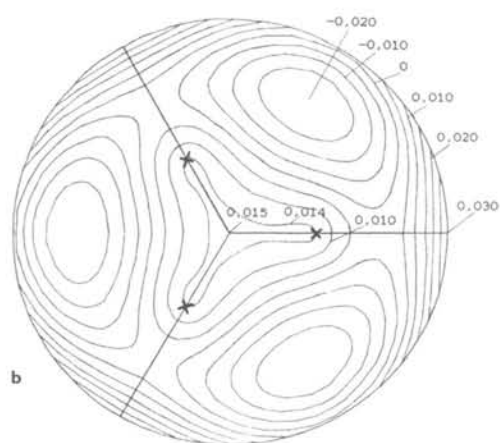
In de tweede regel van tabel 1 zijn de drie steunpunten meer naar het midden verplaatst, op 40% van de straal van de spiegel ($r_1 = 0,4$). Uit mijn berekeningen blijkt dit de grootste waarde van R^4/e^2 op te leveren, namelijk 6130. Dit betekent dat een 20 cm spiegel, op deze plaats ondersteund, maar 1,28 cm dik hoeft te zijn!

Fig. 3 en 4 laten zien hoe de vervorming er dan in

Figuur 2
Sterk vergrote weergave van de vervorming bij drie steunpunten langs de rand. In a) zien we de werkelijke vervorming, in b) op dezelfde schaal de afwijkingen die overblijven na aftrek van de best passende paraboloïde. De kuil in het midden is dan verdwenen, maar de rand golf nog evenveel.

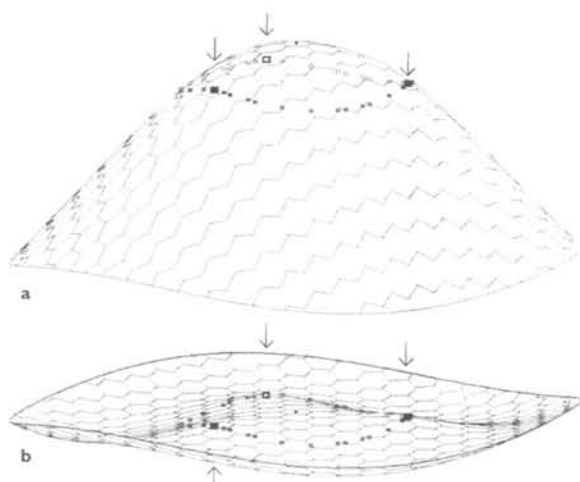


Figuur 3
Hoogtelijnen op een 20 cm spiegel van 1,28 cm dikte, die wordt ondersteund door drie punten op 40% van de straal. De werkelijke vervorming zoals getoond in a) wordt na aftrek van de best passende paraboloïde in b) gereduceerd tot dezelfde effectieve waarde als in het vorige geval.

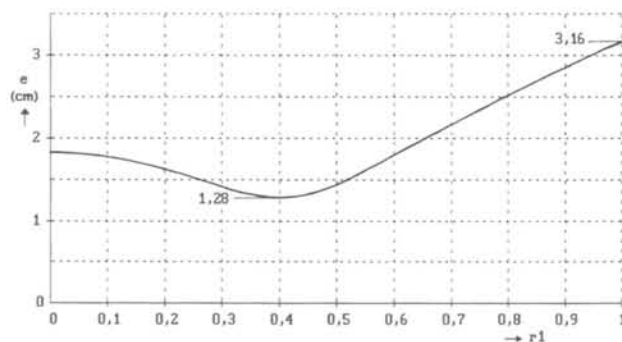


detail uitzielt. In Fig. 3a en 4a zien we dat de doorzakking in dit geval andersom is: in het midden zit nu een flinke berg, maar de vervorming is grotendeels parabolisch, zodat na aftrek van een passende paraboloïde, in Fig. 3b en 4b, toch aan de eis is voldaan.

Het is dus zeker zinvol om de steunpunten niet aan de rand te leggen, maar meer naar het midden. In Fig. 5 is voor een 20 cm spiegel het verloop van de benodigde dikte uitgezet als functie van de straal r_1 . Het minimum ligt bij $r_1 = 0,4$. Waarom adviseerden Couder en Texereau dan toch het gebruik van punten aan de rand? Dat was om bij een schuine stand van de spiegel extra doorbuiging te voorkomen, die zou kunnen ontstaan

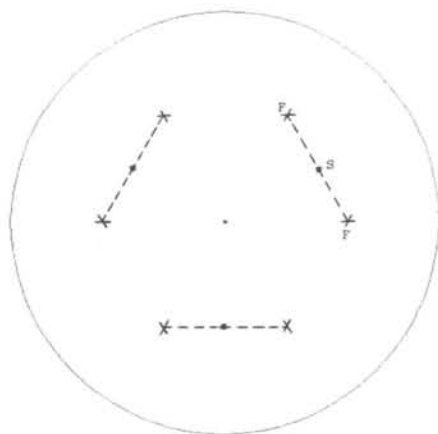


Figuur 4
Ruimtelijke weergave van de vervorming bij drie steunpunten op 40% van de straal. De dunnere spiegel (die op deze schaal toch nog kilometers dik zou zijn) vertoont nu een berg in het midden, die echter door aftrek van de best passende paraboloïde grotendeels wordt opgeheven.



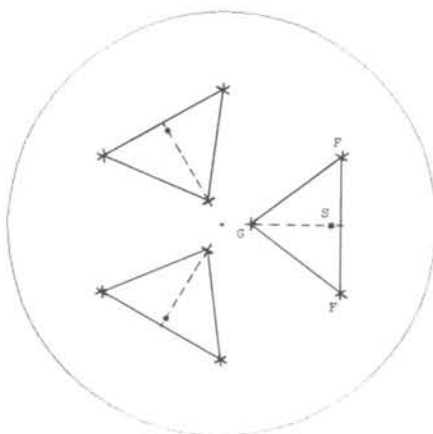
Figuur 5
Minimale dikte van een 20 cm spiegel als functie van de plaats van de drie steunpunten. Bij een ondersteuning aan de rand ($r_1 = 1$) is de benodigde dikte het grootst.

Ondersteuning van een telescoopspiegel



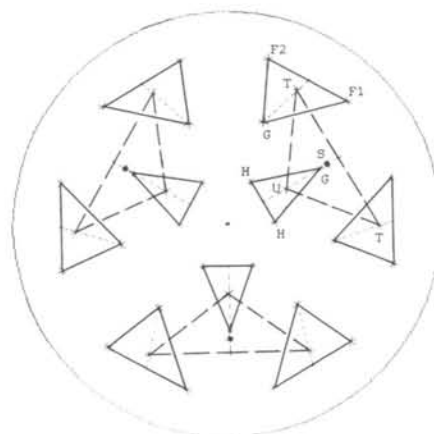
Figuur 6

Een grotere spiegel kan op zes punten worden ondersteund. De punten F rusten paarsgewijs op balansjes die om punt S kunnen scharnieren. De optimale plaats van de zes steunpunten is op 57,3% van de straal van de spiegel.



Figuur 7

Ondersteuning op 9 punten voor grote spiegels. De punten G liggen op een straal van 13,2%, de punten F op 63,3%. De driehoeken die de punten dragen hebben zelf een kantelpunt in S. De plaats daarvan bepaalt de verdeling van de oplegkrachten. De optimale verdeling volgens de tabel wordt bereikt als de zwaartelijns uit G door punt S wordt verdeeld in twee stukken die zich omgekeerd verhouden als de steuncirkelkrachten k_1 en k_2 uit de tabel.



Figuur 8

Zo zou een zeer grote spiegel op 27 punten kunnen worden ondersteund. De 9 driehoeken F1-F2-G en H-H-G rusten zelf weer op 3 onderliggende driehoeken T-T-U. Door de positie van de kantelpunten wordt de gewenste verdeling van het gewicht gerealiseerd, volgens hetzelfde principe als in de vorige figuur.

door wrijving tegen de steunpunten opzij. We moeten dan ook de spiegelbak zo ontwerpen dat de zijdelingse ondersteuning geen krachten loodrecht op het spiegeloppervlak kan opnemen.

Meer dan drie punten

Voor grotere spiegels is het nodig om meer dan drie steunpunten te gebruiken. De tabel geeft een aantal voorbeelden. Zes punten op één cirkel met straal $r_1 = 0,573$ geven al een grote winst in R^4/e^2 , zodat de spiegel veel dunner kan blijven. Zoals aangegeven in Fig. 6 moeten de steunpunten dan paarsgewijs op de uiteinden van balansjes worden gemonteerd, zodat het gewicht van de spiegel zich over de zes punten kan verdelen.

Om deze balansjes te vermijden kiest men vaak een oplegging op 9 punten, verdeeld over twee cirkels. Twee punten op de buitenste cirkel en één op de binnenste steunen dan telkens op een driehoek, die zelf kan kantelen om een vast punt S, zie Fig. 7. De tabel geeft de beste plaats voor de punten aan, en ook de gewenste verdeling van de oplegkracht per cirkel. De drie binnenste punten liggen op een cirkel met straal $r_1 = 0,132$ en dragen samen 9,8% van het gewicht. De overige 90,2% wordt verdeeld over de zes buitenste

punten, die op een straal $r_2 = 0,633$ liggen. Het resultaat is dat $R^4/e^2 = 54110$, zodat bijv. een 50 cm spiegel nog geen 3 cm dik zou hoeven te zijn.

De vereiste verdeling van de oplegkracht over de buitenste en binnenste punten kan worden bereikt door de keus van het kantelpunt van de driehoeken. Het principe hierbij is dat voor evenwicht van elke driehoek de som van de momenten nul moet zijn. Hieraan wordt voldaan als het kantelpunt de zwaartelijns van de driehoek verdeelt in twee stukken die zich omgekeerd verhouden als de krachten k_1 en k_2 uit de tabel.

Zeere grote spiegels, van omstreeks 1 meter, kunnen worden opgelegd op 18 punten (met 6 driehoeken steunend op 3 balansjes) of 27 punten (verdeeld over 9 driehoeken, die zelf weer op drie onderdriehoeken steunen). Uit de tabel blijkt dat op deze wijze weer een grote toename van R^4/e^2 is te bereiken. Fig. 8 toont hoe in het laatstgenoemde geval de configuratie er uit zou kunnen zien.

Voor Cassegrain-spiegels, met een gat in het midden, kunnen eveneens zulke tabellen worden berekend. Maar voor elke gatdiameter moet er dan wel een aparte tabel worden gemaakt.

Naschrift

Dit artikel is gebaseerd op een concept dat de auteur, bij velen in de Nederlandse Vereniging Weer- en Sterrenkunde bekend als optisch deskundige, in het begin van 1996 schreef. Na een slopende ziekte overleed drs K. Compaan op 21 juni j.l., voordat hij het artikel in zijn definitieve vorm kon voltooien. Gebruik makend van het materiaal, waar Compaan zelf tot het laatst aan heeft gewerkt, heeft ondergetekende getracht deze taak zo goed mogelijk te volbrengen.

Zelfbouwers kunnen aan de hand van dit artikel nagaan hoe hun spiegel het beste kan worden ondersteund, bij een gegeven diameter en dikte. Het is verrassend hoe de auteur door het optimaliseren van plaats en gewichtverdeling voor de steunpunten tot resultaten komt die afwijken van hetgeen in de literatuur is te vinden [1]. Meestal ontwerpt men bijvoorbeeld een 9-punts ondersteuning zo dat elk punt eenzelfde gedeelte van het gewicht van de spiegel draagt. Dat levert weliswaar de kleinste absolute doorzakking op, maar niet de kleinste vervorming wanneer de bestpassende paraboloïde ervan is afgetrokken (dit laatste gebeurt automatisch bij het scherpstellen).

Bij het maken van de spiegelhouder is het belangrijk om ervoor te zorgen, dat de zijdelingse steunen niet een deel van de oplegkracht gaan opnemen wanneer de telescoop schuin omhoog gericht staat. Zoals Couder

reeds aangaf zou dat een ongewenste doorbuiging kunnen veroorzaken. Om dit te voorkomen moeten de zijsteunen kunnen meegeven in de richting loodrecht op het spiegeloppervlak, bijvoorbeeld door ze te bekleden met een zacht, veerkrachtig materiaal zoals leer. De spiegel mag nooit klemmen in de steunen. Bij Dobsonkijkers, die een azimutale montering hebben, is een mooie constructie mogelijk waarbij de rand van de spiegel over 180° in een riem hangt.

Een praktische test die eventuele fouten in de ondersteuning aan het licht kan brengen is het bekijken van sterbeeldjes bij zeer sterke vergroting, binnen en buiten het focuspunt. Wanneer die beeldjes niet rond zijn maar min of meer driehoekig is er reden om de ondersteuning te verdenken, zeker wanneer de vorm verandert als men de kijker meer of minder schuin omhoog richt.

Jan Gerritsen

Literatuur

- [1] Zie bijv. A.G. Ingalls, *Amateur Telescope Making*, deel 1, ed. 1974, blz. 229-234; *Sky & Telescope*, sept. 1994 blz. 84-87 en april 1996 blz. 75-77.

(Overgenomen uit ZENIT, 24e jaargang nr 1, januari 1997)

Ordering in het programma van eisen

Ervaringen met 'methodisch ontwerpen' in het onderwijs

F.J. Siers *Het is van groot belang bij de start van het ontwerpproces, uitgaande van de probleemstelling, een zo volledig mogelijk 'programma van eisen' op te stellen. En dat niet alleen! Het is raadzaam de elementen te ordenen en onder te brengen in enkele rubrieken.*

Een opdeling van elementen in de volgende rubrieken is raadzaam:

- vaste eis, elke gevonden structuur of voorlopige oplossing zal hier aan moeten voldoen;
- variabele eis, met een duidelijke onder- of bovengrens;
- wens of wenselijkheid.

De mate waarin de gevonden oplossingen voldoen, aan de in de beide laatste genoemde rubrieken opgenomen eisen en wensen, zullen dikwijls bepalend zijn voor de keuze.

Zelfbediening in bibliotheken

Bij het inzien van de aanwezige ontwerp opdrachten was een aantal uit studenten geformeerde ontwerpgroepjes op een bepaald moment gecharmeerd van de volgende probleemstelling:

Het is een menselijke eigenschap – in openbare bibliotheken en documentatieruimten met zelfbediening – juist dat boek te willen inzien, dat zich op de moeilijkst bereikbare plaats bevindt.

De ontwerp opdracht is derhalve: DOE DAAR WAT AAN!

De ontwerpgroepjes kregen alleen professionele begeleiding als daarom gevraagd werd. In dit verband was dat geoorloofd, omdat met deze probleemstelling niet een direct bedrijfsbelang gemoeid was.

Gevonden oplossingen

Een tweetal groepjes zat er lelijk naast toen ze, ten koste van toch wel veel werk, de door hen gemaakte uit-

werking van de probleemstelling bekend maakten. Zie figuur 1 en figuur 2.

Figuur 1 betreft de structuurschets voor een nieuw te ontwerpen boekenstelling.

Figuur 2 betreft de structuurschets voor een in hoogte verstelbare rolstoel.

Jammer

Reeds bij het opstellen en ordenen van het 'programma van eisen' was het mis gegaan.

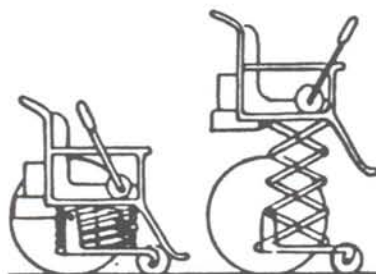
Door niet als vaste eis te stellen dat het te ontwerpen product, als een stuk handig gereedschap, voor de rolstoelgebruiker ter beschikking zou moeten komen; dat ingrijpende veranderingen aan de rolstoel uiteraard ontoelaatbaar zouden zijn, laat staan dat een ingrijpende verbouwing van bibliotheken aan de orde zou, komen was men op deze dwaalweg beland. Deze studenten waren zo geboeid en in beslag genomen door alle te verrichten werkzaamheden, samenhangend met de door hen gevonden oplossing, dat niemand ook nog maar een moment aan de oorspronkelijke probleemstelling had gedacht.

Aanvaardbaar ontwerp

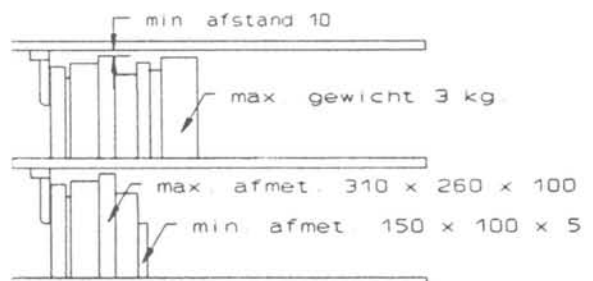
Een derde groep slaagde echter wel om een aanvaardbaar ontwerp, in de vorm van een handzaam stuk gereedschap, neer te zetten. Zij hadden wel als vaste eis opgenomen dat de rolstoel niet gewijzigd mocht worden. Tevens legde men als ontwerp omgeving de boekenstellingen in de faculteitsbibliotheek vast, zie figuur 3.



Figuur 1. Structuurschets voor een nieuw te ontwerpen boekenstelling.

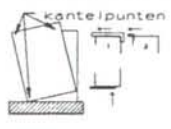
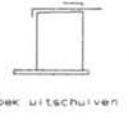
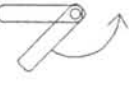
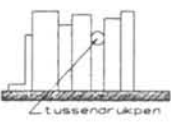
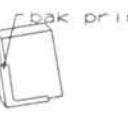
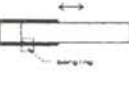
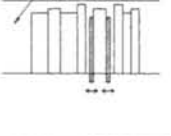
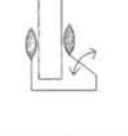
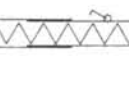
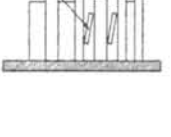
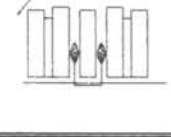


Figuur 2. Structuurschets voor een in hoogte verstelbare rolstoel.



Figuur 3. Tevens legde men als ontwerp omgeving de boekenstellingen in de faculteitsbibliotheek vast.

Ordering in het programma van eisen

uitklappen	boek positioneren		boek pakken
♦ tandheugel	 kantelen	 boek uitschuiven	 rem prin.
♦ schroefspindel			
 scharnier enkelvoudig of tweevoudig	 tussendrukken		 bak prin.
 sliding	 bovenaanzicht		
	 draaimech.		
losse delen	 bovenaanzicht		opvangen in een bak
niet uitklappen (één geheel)			

Figuur 4. Morfologisch overzicht.

Een uittreksel uit het door dit groepje gemaakte 'programma van eisen' levert:

- geen ingrijpende verandering van de rolstoel,
- geen lawaai,
- eenvoudige bediening,
- bovenste plank op circa 2 meter,
- onderste plank op circa 0,35 meter,
- circa 95 % van de boeken moet te pakken zijn,
- geen beschadiging van de boeken,
- maximum afstand van de rug van het boek tot de voorkant van de plank is 50 mm,
- energie- en informatieaspecten mensafhankelijk.

Het functieblokschema was van een aandoenlijke eenvoud:

- Uitklappen	boek positioneren	boek uitpakken	boek terugzetten	- inklappen
Hulpfunctie	deelfunctie	deelfunctie	deelfunctie	hulpfunctie

De hulpfuncties hebben betrekking op handelingen, die verricht moeten worden alvorens en nadat het boek is gepakt.

Uit het in figuur 4 opgenomen morfologisch overzicht zijn een vijftal structuren gehaald. Deze verschillen voornamelijk in de vervulling van de deelfuncties boek uitpakken en - terugzetten.

Zie daarvoor de samengestelde figuur 5.

De structuren zijn:

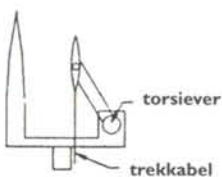
- 1A = structuur 1 met vaste arm.
- 1B = structuur 1 met uitschuifbare arm.
- 2A = structuur 2 met vaste arm.
- 2B = structuur 2 met uitschuifbare arm.
- 2C = structuur 2 met vaste arm en alleen standaardonderdelen.

Gekozen oplossing

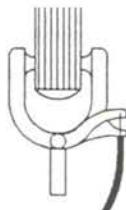
Hoewel uit de keuzeverantwoording volgens figuur 6 geen duidelijke voorkeur blijkt, is toch de keuze gevallen op de structuur volgens 2C.

Deze structuur verkreeg de voorkeur omdat hierbij de meeste onderdelen en componenten genomen zijn uit de rijke schakering toeleveringsproducten voor de rijwielindustrie. Bij het ontwerp en vervaardiging van nieuwe producten die, naar verwachting, niet in grote serie zullen worden aangemaakt, is het aanbevelenswaardig voor de samenstellende onderdelen - indien mogelijk - te kiezen voor handelsdelen die in grote series worden aangemaakt.

het pakmechanisme



structuur 1



structuur 2



zijaanzicht

Figuur 5. Structuren voor het te ontwerpen pakmechanisme voor het pakken van een boek.

Ordering in het programma van eisen

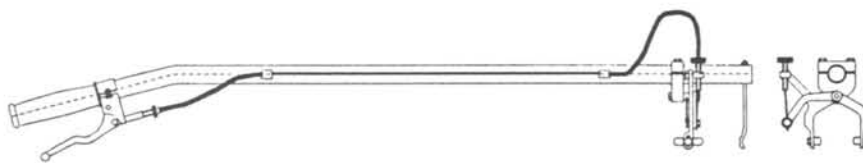
	weeg- faktor	1A	1B	2A	2B	2C	ideaal
reikhoogte	3	3	6	3	6	3	9
goedkoop	5	10	5	10	5	15	15
boekvriendelijkheid	2	6	6	4	4	6	6
seriefabricage	4	8	4	8	4	12	12
eenvoud constructie	3	6	3	6	3	9	9
minimale grootte	2	4	6	4	6	4	6
perc. te pakken boeken	5	10	15	10	10	5	15
mogelijkheid tot het terugzetten van boek	3	9	9	3	3	3	9
gewicht	3	9	3	9	3	9	9
Totaal	*****	62	57	53	44	63	90

Figuur 6. Keuze verantwoording. De geëvalueerde structuren zijn:

- 1A = structuur 1 met vaste arm.
- 1B = structuur 1 met uitschuifbare arm.
- 2A = structuur 2 met vaste arm.
- 2B = structuur 2 met uitschuifbare arm.
- 2C = structuur 2 met vaste arm en alleen standaardonderdelen.



Figuur 7. De gebruiker in actie met het ontworpen pakgereedschap.



de grijp-arm

Figuur 8. De uiteindelijke gekozen vorm van de grijp-arm. Opvallend is de gebogen vorm van de arm, waarmee men een extra buigend moment op de pols van de gebruiker denkt te voorkomen.

Opengewerkte modellen

Aandrijfsystemen in camera's

J. Verkerk *Zijn favoriete hobby is het doorzagen en openwerken van technisch geavanceerde fijnmechanische produkten. Hij verzamelt compactcamera's, kleinbeeld spiegelreflexcamera's, objectieven, videocamera's en andere bewegende fijnmechanische apparaten om er vervolgens behoedzaam de zaag of een diamant doorslijpschijf in te zetten.*



André Benschop

"Zonde" is een veel gehoorde eerste reactie van mensen die nog niet eerder een van zijn doorgezaagde modellen hebben gezien. Zij weten niet hoeveel tijd en moeite het kost om een goed opengewerkt model te maken. André Benschop is vierde jaars student fijnmechanische techniek aan de Hogeschool van Utrecht. Zijn favoriete hobby is het doorzagen en openwerken van technisch geavanceerde fijnmechanische producten. Hij verzamelt compactcamera's, kleinbeeld spiegelreflexcame-

ra's, objectieven, videocamera's en andere bewegende fijnmechanische apparaten om er vervolgens behoedzaam de zaag of een diamant-doorslijpschijf in te zetten

Figuur 1. Doorsnede van een Nikon F camera met photomic lichtmeetzoeker en motor voor film-transport 1967 (foto André Benschop).

"Ik werk uitsluitend met defecte camerabody's en objectieven" vertelt André. "De meeste zijn ooit het slachtoffer geworden van de zwaartekracht al of niet gevolgd door een spoedcursus zwemmen". Veel van de moderne camera's bevatten elektronica op flexibele prints. Een klein scheurtje is voldoende om het nooit meer te doen.

"Weggooiën is dan zonde! Ik zet er dan liever de zaag in om mensen de mogelijkheid te bieden hun geliefde camera van binnen te bekijken".

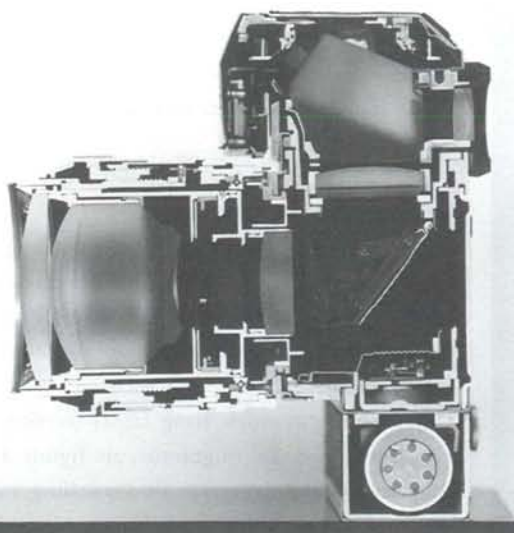
Opengewerkte modellen zijn zeer zeldzaam en duur. Een doorgezaagd objectief kost een veelvoud van het oorspronkelijke, omdat praktisch alles handwerk is. Meestal staan ze dan in een vitrinekast bij de fabrikant of op een tentoonstelling. Het doorzagen is zeer bewerkelijk omdat je de camera eerst helemaal moet demonteren. Dan moet je proberen een beeld te vormen hoe je de werking van de camera het beste kunt zichtbaar maken. Soms zaag je hem doormidden, soms moet je volstaan met alleen een hoek weg te snijden, omdat je anders de vitale delen verwijdert die je nu juist zou willen laten zien. Het doorsnijden van een objectief is nog lastiger omdat de lenzen geklemd zijn. Bij het doorsnijden verdwijnt de klemming en zou de zaagsnede verlopen. Elk onderdeel moet dan apart doorgezaagd worden. Later moet elk deel weer op de juiste wijze gemonteerd worden.

Automatische camera's

Trots laat hij foto's zien van de door hem doorgezaagde camera's en objectieven. Aan de hand van zijn opengewerkte modellen is ook een aardig beeld te krijgen van de voortschrijdende automatisering van fotocamera's.

Figuur 1 toont een doorsnede van een traditionele mechanische camera. Figuur 2 toont een moderne automatische camera.

Opvallend daarbij is dat de vorm van de behuizing nauwelijks veranderd is. Men heeft dus steeds geprobeerd de elektronica en de aandrijvingen voor de diverse onderdelen in bestaande holle ruimten weg te werken. Dit vergt een grote mate van miniaturisering. Een moderne automatische camera heeft een aantal aandrijfsystemen waarvoor verschillende soorten motoren worden toegepast al naar gelang de functie van de aangedreven component.





Figuur 2.
Opengewerkte tekening van een volledig automatische camera, de Canon EOS 1N.

Aangedreven worden:

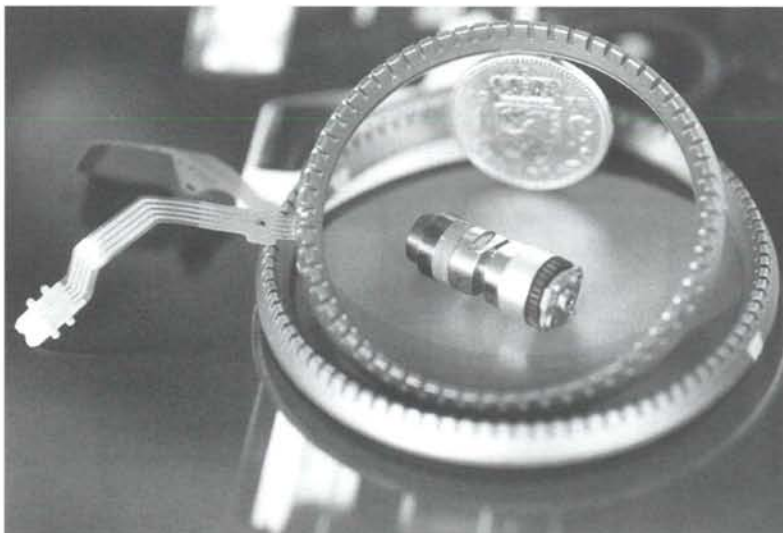
- klapspiegel ,
- sluiters (belichtingstijd),
- diafragma (hoeveelheid licht),
- objectief (scherpstelling) ,
- filmtransport, beeld voor beeld en terugspoelen,
- verstellen openingshoek flitser in relatie tot de afstand van het voorwerp.

Vaak worden klapspiegel en sluiters door dezelfde motor aangedreven, soms samen met het terugspoelen van de film.

Figuur 3. Ultrasone ringmotor (ring USM) voor het aandrijven van het objectief. Binnenin ligt een ultrasone micromotor. (André Benschap)

Daarnaast bevat de camera een aantal microprocessors:

- centrale processor,
- besturingsprocessor scherpstelling objectief,
- besturingsprocessor voor de flitser.



Een extra processor is soms aanwezig voor het inspiegelen van informatie in de rand van de film, zoals: datum, tijd en camerainstellingen.

Als extra is een encoder aanwezig voor de detectie van de stand van de zoomlens. Aan de hand van de ingestelde afstand wordt de openingshoek van de flitser automatisch aangepast.

Wanneer foto's uit de hand genomen worden is er kans op een zekere bewegingsonscherpte door trillen van de hand. Naarmate de ingestelde brandpuntsafstand groter wordt (het beeld verder weg is) moet de sluitertijd korter worden om deze bewegingsonscherpte te vermijden. De microprocessor zorgt voor een begrensde sluitertijd omgekeerd evenredig met de afstand, zodat bewegingsonscherpte niet meer voor kan komen. Omdat de sluitertijd begrensd wordt, zorgt de microprocessor ervoor dat de film voldoende belicht wordt door het diafragma groter te kiezen of door te flitsen.

Aandrijfsystemen

Voor enkele aandrijfsystemen heeft men bijzondere oplossingen toegepast, die we hierbij nader zullen bekijken.

In figuur 1 is zichtbaar dat de bedieningselementen voor diafragma en scherpstelling op enige afstand van de camerabody zijn gesitueerd. Voor de bediening moet enige afstand overbrugd worden. Hiervoor zijn zowel mechanische als elektrische oplossingen bedacht. Bij de mechanische oplossing zitten aandrijfmotor en vertraging in de camerabody en geven de beweging mechanisch door. De lange reeks van bewegende onderdelen die de beweging moeten doorgeven hebben een merkbare hysteresis.

Bij de elektrische oplossing wordt de aandrijfmotor in het objectief geplaatst. De vorm van de motor moet tegemoet komen aan twee belangrijke eisen: hysteresisvrije aandrijving en passend in de beschikbare ruimte rond de lens.

Ultrasone ringmotor

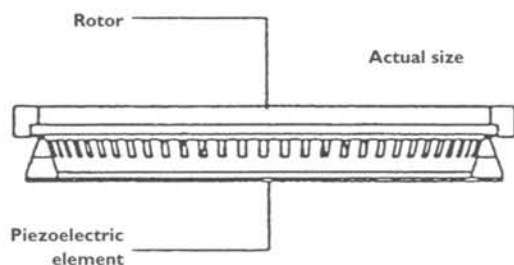
In 1982 startte Canon met de ontwikkeling van ultrasone motoren. Sinds 1987 worden deze motoren toegepast in camera's voor het automatisch scherpstellen, de eerste toepassing van ultrasone motoren in consumentenprodukten.

Ultrasone ringmotoren (ring USM) worden in objectieven ingebouwd. De ringmotor, zie figuur 3 zorgt voor een directe aandrijving van de verstelling van het objectief. Deze speciaal ontwikkelde motor heeft een

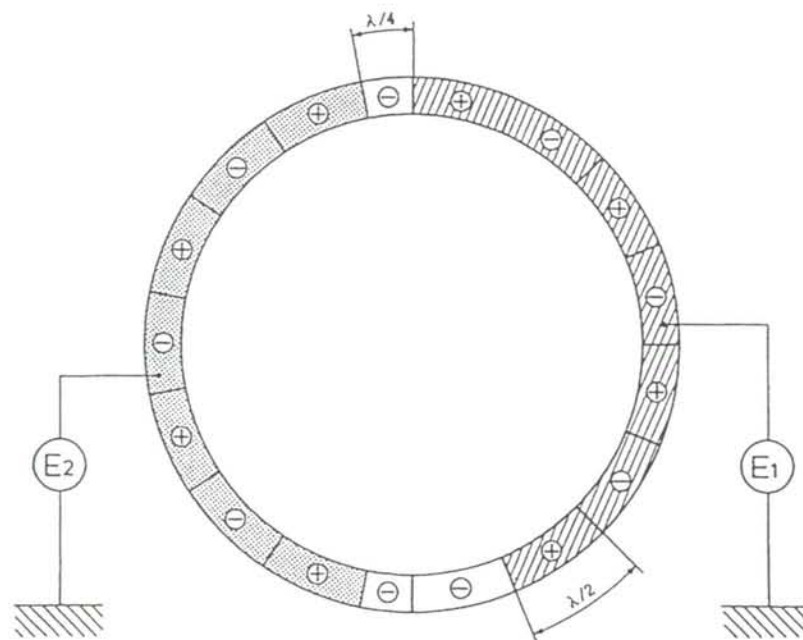
groot aantal voordelen boven de hoogtoerige miniatuur gelijkstroommotoren met tandwielaandrijving:

- gunstige koppelkarakteristiek over een groot traploos instelbaar toerenbereik van 0,2 tot 40 omw/min,
- geen mechanische overbrenging en dus ook geen tandwielgejank,
- geen motorgejank, de frequentie ligt boven de gehoorgrens en de motor is dus niet hoorbaar
- geen speling en hysteresis,
- grote hoekversnelling door lage massa traagheid
- lage kosten en laag gewicht,
- gering energieverbruik ($< 1 \text{ W}$) en hoog rendement.

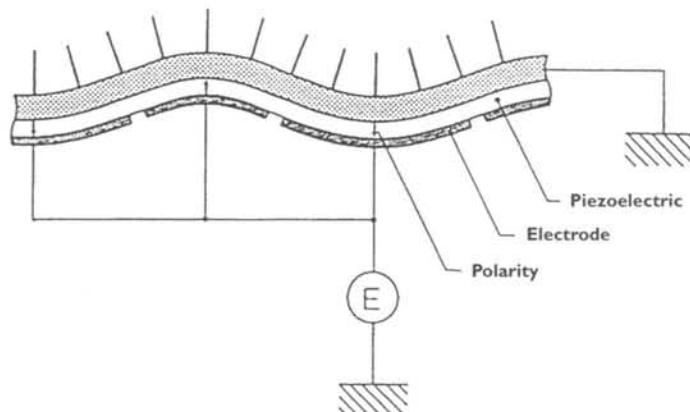
Een nadeel is dat het rendement van maximaal 40% sterk afneemt bij lagere temperatuur (vorst).



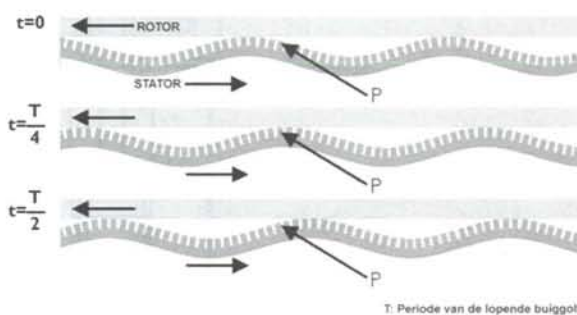
Figuur 4a. De ultrasone ringmotor bestaat uit een rotor en een stator waartussen wrijvingskrachten werken. (Canon)



Figuur 4c. De piezo-elementen zijn in twee groepen verdeeld, die elk gevoed worden door een wisselspanning van 30 kHz. De spanningen E_1 en E_2 zijn onderling 90° in fase verschoven, afhankelijk van de gewenste draairichting. (Canon)



Figuur 4b. De rotor bestaat uit een gekartelde ring waartegen aan de onderkant piezo-elementen zijn bevestigd. (Canon)



Figuur 4d. Onder invloed van de elektrische spanning trekt het ene element hol en het andere bol. Daardoor ontstaat een lopende golf, die de gekartelde zijde van de ring doet krimpen en rekken. Op de plaatsen waar de kartels in contact zijn met de rotor rekt de kartelring en wordt de rotor verplaatst. (Canon)

Die lopende golf is een mechanische oscillatie die het ene moment wordt aangestoten door E_1 , een kwart fase later door E_2 , weer een kwartfase later door E_1 , enz. De vorm van de getande ring is geoptimaliseerd voor het efficiënt opwekken en instandhouden van de oscillatie. Op de ring zitten verder nog twee piëzo-elementen als opnemers om te detecteren of de ring in oscillatie blijft en in hoeverre de frequentie moet worden bijgesteld om hem in oscillatie te houden.

Door de amplitude van de spanning te vergroten verandert de amplitude van de lopende golf, de kartels gaan verder uit elkaar en de verplaatsingssnelheid van de rotor neemt toe. Het toerental is dus eenvoudig te regelen met de grootte van de elektrische spanning, zie figuur 4d.

Ultrasonische micromotor

Geheel anders werkt de ultrasonische micromotor (micro USM), zie figuur 5, die eveneens toegepast wordt als objectiefaandrijving voor het automatisch scherpstellen. Het belangrijkste verschil met de ringmotor is de wijze waarop de oscillerende trilling wordt gerealiseerd. Bij de ringmotor wordt de statorring gebogen door een lopende oscillerende golf. Bij de micromotor wordt een uiteinde in een cirkelvormige trilling gebracht, die zorgt voor de aandrijving.

Voordelen boven de ringmotor zijn:

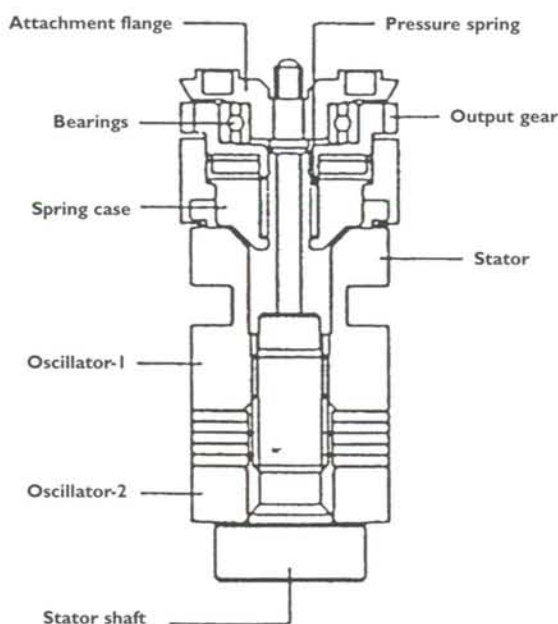
- ruime toepasbaarheid doordat de afmetingen van de lens niet meer bepalend zijn voor de afmetingen van de stator,
- de meer compacte bouw in een geïntegreerde com-

ringmotor micromotor			
Geometrie ring	buitendiameter [mm]	77	11
	binnendiameter [mm]	67	—
	hoogte [mm]	10	25
	gewicht [g]	45	11
Input	frequentie [kHz]	29	36
	vermogen [W]	≤ 1	≤ 1
Output	onbelast toerental [omw/min]	40	950
	houdkoppel [Ncm]	16	0,7
	rendement [%]	35	40
hoekresolutie in °		1,25	—

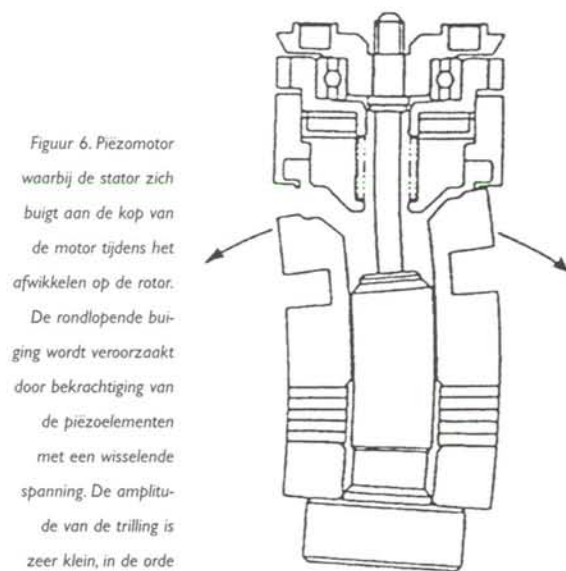
Tabel 1. Specificaties van verschillende ring USM's (Canon) van figuur 3

- pacte unit, waardoor een reductie in afmetingen en gewicht gerealiseerd wordt van meer dan 50%,
 - de kosten zijn ongeveer een derde van die van de ringmotor, waardoor de micromotor ook toepasbaar is in minder dure autofocusobjectieven,
 - ondanks het lage toerental kan ook nog een tandwielvertragingen worden aangekoppeld waardoor een nog lager toerental mogelijk is.
- Vergeleken met magnetische motoren is de snelheid laag en het koppel hoog, terwijl ze geen lawaai maken.

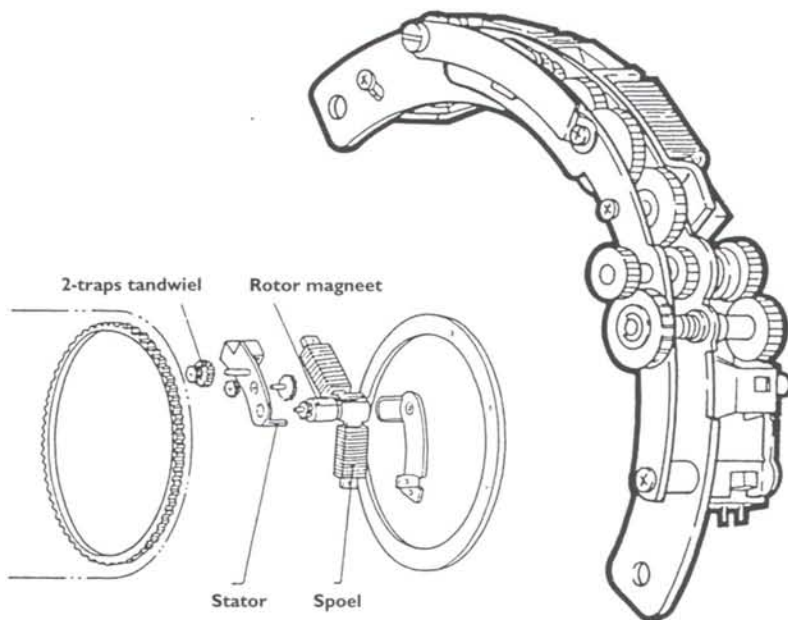
Figuur 6 toont de werking waarbij de stator zich buigt aan de kop van de motor tijdens het afwikkelen op de rotor. Het afwikkelen kan ook zichtbaar gemaakt worden door op een tafelblad een gulden op z'n kant



Figuur 5. Ultrasonische micromotor voor het eerst toegepast in 1990 voor de aandrijving van een autofocus objectief.



Figuur 6. Piezomotor waarbij de stator zich buigt aan de kop van de motor tijdens het afwikkelen op de rotor. De rondlopende buiging wordt veroorzaakt door bekrachtiging van de piezoelementen met een wisselende spanning. De amplitude van de trilling is zeer klein, in de orde van 3 micrometer.

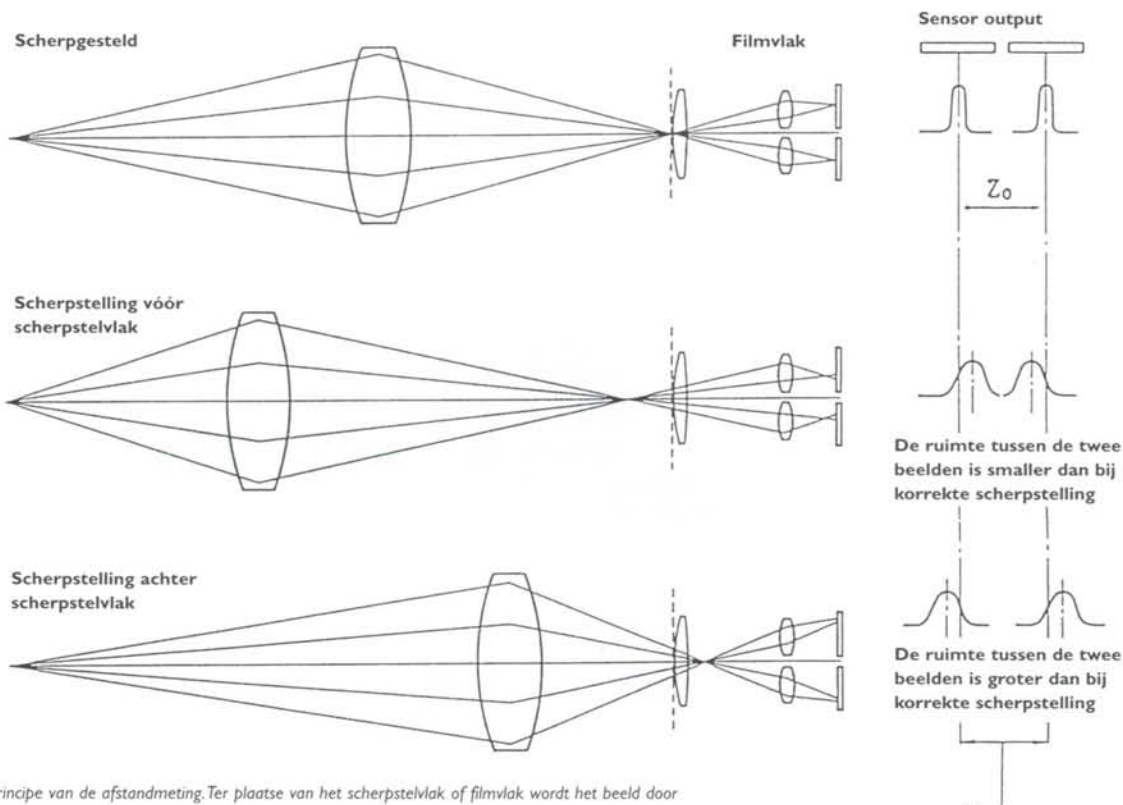


Figuur 7. Magnetische motor waarvan de vorm is aangepast aan de beschikbare ruimte. Door omkering van functies zitten de magneten op de as, terwijl de stator een langgerekte vorm heeft gekregen om voldoende windingen kwijt te kunnen en daarmee een voldoende koppel te realiseren. De tandwielen zorgen voor een toerenreductie en een toename van het aandrijfkoppel.

te laten draaien. Na korte tijd valt hij om loopt op de buitenrand, terwijl hij steeds dichterbij het tafelblad komt. Aan de beeltenis is te zien dat hij langzaam ronddraait. Dit langzame draaien is het gevolg van het verschil in straal tussen de rand van de gulden en de straal waarop hij loopt. Naarmate dit verschil kleiner wordt, wordt ook het draaien van de beeltenis trager. Bij de motor wordt de rondlopende buiging van de as veroorzaakt door het bekrachtigen van de piezo-elementen met een wisselende spanning. De amplitude van de buiging is zeer klein, in de orde van 3 micrometer.

Andere compacte aandrijfsystemen

Reeds eerder zijn andere oplossingen gezocht voor het aandrijven van een objectief met automatische focussering die in de lenstubus kan worden ingebouwd. Omdat de beschikbare ruimte klein is, heeft men naar een oplossing gezocht in een bijzondere constructie. De magneet is ondergebracht in de rotor en de stator bevat de stroomwindingen van deze borstelloze motor. Opvallend is de keuze voor langwerpige spoelen die het magneetveld voor de rotor verzorgen. Door hun vorm is er ruimte voor veel windingen en dus



Figuur 8. Principe van de afstandmeting. Ter plaatse van het scherpstelvlak of filmvlak wordt het beeld door een dubbelbrekende lens gesplitst in twee beelden. De afstand tussen de twee beelden is een maat voor de correcte scherpstelling.

een hoog koppel. Via een tandwielvertraging wordt het toerental gereduceerd. Ook deze vertraging moet in de beschikbare ruimte passen, wat leidt tot de boogvormige constructie van figuur 7.

Voor het aandrijven van het diafragma wordt een miniatuur stappenmotor toegepast. De vertraging is zo gekozen dat elke omwenteling van de motor overeenkomt met een wijziging van de diafragmaopening met $1/8$ stop.

Automatische scherpstelling

Behalve aandrijvingen bevat een camera verschillende sensoren voor onder andere lichtmeting en scherpstelling. De scherpstelling van het EOS autofocusstelsel gebruikt een methode TTL-SIR (through the lens secondary imaged registration) genaamd. Een soortgelijk principe wordt ook door andere camerafabrikanten toegepast.

Het principe van de afstandmeting wordt weergegeven in figuur 8. Op de plaats van het filmvlak valt het licht op een dubbelbrekende lens, die de bundel splitst in twee bundels met gelijke beeldinformatie. De afstand tussen de twee afbeeldingen hangt nu af van de scherpstelling. Valt het scherpstelpunt vóór het afbeeldingsvlak of filmvlak, dan komen de afbeeldingen te dicht bij elkaar. Wanneer het scherpstelpunt achter het afbeeldingsvlak ligt, dan is de onderlinge afstand groter

dan bij correcte scherpstelling. Met een speciale fotocel wordt de afstand tussen de twee beelden (intensiviteitsverdelingen) gemeten en teruggekoppeld naar de scherpstelmotor.

Wat André boeit is de inventiviteit van de verschillende oplossingen en om die niet alleen maar op getekende plaatjes te zien, maar ook zoals ze in werkelijkheid zijn uitgevoerd. Hij is daarom zeer geïnteresseerd in het openen en doorsnijden van mooie apparaten. Een redelijk uit de hand gelopen hobby wanneer je zijn apparatuur en polijstmogelijkheden ziet. Gezien de vele uren die nodig zijn om een goed opengewerkt model te maken, zijn de door hem opengewerkte modellen veel kostbaarder dan het oorspronkelijke apparaat. Voorlopig heeft hij veel voldoening aan het fotograferen van zijn modellen en het tentoonstellen ervan bij de Hogeschool te Utrecht waar hij binnenkort hoopt af te studeren. Maar wie weet, zijn er misschien bedrijven die geïnteresseerd zijn in goede opengewerkte modellen van hun product.

Noot

Met dank aan de heer Van Bree van Canon Nederland voor het opzoeken en beschikbaarstellen van documentatie.

Co-makership

- in precisie
- in kwaliteitsbeheersing
- in machinebouw



Bezoek onze homepage op internet
www.worldonline.nl/~mevifmi
voor meer informatie



MEVI B.V.
fijnmechanische industrie

Postbus 238, 5700 AE Helmond
Weth. den Oudenstraat 1, 5706 ST Helmond
Tel. 0492-538615 fax. 0492-538735
e-mail: info@mevi.com

Derde generatie acrylaatlijmen

Stokvis introduceert de derde generatie acrylaatlijmen. De lijm wordt aangebracht als eencomponent lijm, doordat de twee componenten in een patroon automatisch gemengd worden tijdens het aanbrengen.



Voor het aanbrengen is een serie hand- en pneumatische doseerpistolen ontwikkeld. Nadat de patroon in het doseerpistool is geplaatst, wordt de punt eraf gesneden. Eventueel kan nu een mengbuis op de patroon geplaatst worden en het product is gereed voor verwerking. Naast het feit, dat de lijm zo goed als niet ruikt, wordt nog een voordeel geboden: de lijm werkt goed op bijna alle ondergronden zonder dat er een voorbehandeling nodig is. De lijm hecht goed op bijna alle metalen, vele kunststoffen, hout, etc.

Toepassingsgebieden voor de derde generatie acrylaatlijm zijn onder andere de metaal- en machine-industrie. Na het aanbrengen is de lijm binnen 5 minuten al zover uitgehard dat de onderdelen verder bewerkt of verplaatst kunnen worden. De temperatuur- en schokbestendigheid van de lijm zijn zeer goed tussen temperaturen van -40 – $+150^{\circ}\text{C}$. De lijm kan zowel binnen als buiten gebruikt worden voor toepassingen waarbij een permanente structurele lijmverbinding nodig is.

Voor uitvoerige info:

Stokvis Tapes & Lijmen B.V.
Postbus 4190

2980 GD Ridderkerk
Telefoon: 0180 - 441 400
Fax: 0180 - 416 141.

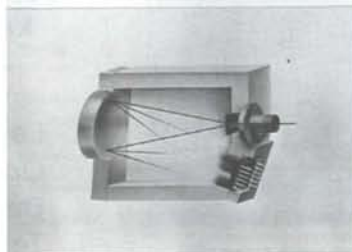
Spectraal sensoren

Carl Zeiss heeft de productenlijn van de MMS Spectral Sensors uitgebreid met twee nieuwe typen, te weten de MMS-UV en de MCS. De MMS-UV bevat een tralie dat geoptimaliseerd is voor spectrumanalyse in het UV-gebied van 200 tot 400 nm. Het inkoppelen van het spectrum geschiedt met behulp van een fiberbundel uit kwarts met daaraan een SMA-coupler.

De MCS is een echte OEM spectrometer. Zowel de spectrale gevoeligheid als het inkoppelmechanisme is te specificeren. De keuze van het diode-array maakt het mogelijk een spectrometer samen te stellen voor 190 tot 1100 nm. De inkoppeling laat de keuze tussen de fiberbundel of een SMA-coupler op de behuizing.

Product Information MCS

Multi Channel - Spectrometer



Voor uitvoerige info:

Te Lintelo Systems b.v.
Postbus 45
6900 AA Zevenaar
Telefoon: 0316 - 340 804
Fax: 0316 - 340 805.
E-mail: tlintel@worldaccess.nl

Digitale servo-besturingen

De D-Serv en de M-Serv combineren servo-processor-technologie met geïntegreerde volledige digitale versterkers in één behuizing. De digitale stroom-, snelheids- en positielus met een samplefrequentie van 20kHz zorgen met de softwarecommutatatie voor een door de huidige markten gevraagde grote flexibiliteit. De besturingen zijn geschikt voor alle typen motoren, alle poolaantallen en ieder type positieterugkoppeling. De D-Serv kan worden geleverd in een 1-, 2- en 3-assen uitvoering met 320V busspanning en piekstromen variërend van 10A tot 30A. De besturing heeft 16 optisch geïsoleerde I/O's voor algemeen gebruik en daarnaast 3 inputs voor eindschakelaars en beveiliging. Voor vergelijkbare toepassingen, maar in geval kleinere stromen toereikend zijn, kan de M-Serv worden gebruikt met piekstromen variërend van 2A tot 8A. De M-Serv is alleen beschikbaar als 1-assige besturing. De M-Serv heeft 6 optisch geïsoleerde inputs en 2 optisch geïsoleerde uitgangen en daarnaast 2 ingangen voor de eindschakelaars. Beide besturingen hebben daarnaast zaken als analoge inputs met 12 bit resolutie, routines die automatisch worden uitgevoerd na het schakelen van een input, foutcorrectie voor hogere systeem nauwkeurigheid, het real time uitvoeren van subroutines, afhankelijk van posities, 'teach-mode' en een 'registration mark' voor het nauwkeurig kunnen koppelen van acties aan hardwareposities.

Voor uitvoerige info:

Anorad Europe B.V.
Waalreseweg 17
5554 HA Valkenswaard
Telefoon: 040 - 208 9238
Fax: 040 - 204 6862.

Oppervlakte- analysesysteem

Zeer eenvoudig te bedienen is het oppervlaktemeet- en analysesysteem RST Plus van Wyko, dat door Optilas BV op de markt wordt gebracht. Het systeem verschaft een driedimensionale analyse van oppervlaktelocaties.

Het oppervlak wordt statistisch in beeld gebracht waarbij telkens een gebied van maximaal 8 x 6 mm wordt afgetast en geanalyseerd. Het bepalen van het hoogteprofiel in een dergelijk gebied gebeurt in luttele seconden. Dit is te danken aan de zeer snelle digitale signaalverwerking. De resolutie in verticale richting ligt op sub-nanometerniveau ($0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$). Het meetbereik in verticale richting loopt van 0,1 nm tot 2 mm. Het

horizontale vlak wordt in stapjes van 0,1 tot 12,7 μm afgetast, afhankelijk van het gebruikte objectief.

De gebruiker kan het gezichtsveld veranderen zonder een objectief te wisselen door eenvoudig de "field-" of "view-schijf" te bedienen. De flexibiliteit wordt nog verder vergroot door de mogelijkheid vijf verschillende objectieven te plaatsen voor het meten van uiteenlopende proefstukken. De snelle personal computer, voorzien van Wyko's Vision-software - die werkt onder Windows - zorgt voor een gebruikersvriendelijke bediening. Tot de speciale mogelijkheden behoren aansluiting op een local area network, het overbrengen van gegevens voor procescontrole en off-line analyse van gegevens.



Voor uitvoerige info:

Optilas BV
Alphen aan de Rijn
Telefoon: 0172 - 431 234
Fax: 0172 443 414
E-mail: Optilas@Euronet.nl
101320.3371@compuserve.com

Physik Instrumente:

Produkten voor micro-positionering



Piezo-electrische flexure stages / sub-assemblies

Physik Instrumente is een wereldwijd gevestigde naam op het gebied van micro-positionering tot in het sub-nanometer gebied. Het programma omvat onder andere translatie- en rotatiesleden, piezo-translatoren, capacitieve sensoren, kortom alles wat met micropositioneren te maken heeft, in vele vormen en combinaties.



**APPLIED LASER
TECHNOLOGY**

Laat u vrijblijvend informeren of vraag de schitterende Physik Instrumente catalogus op bij:

Applied Laser Technology BV
Best, tel: (031)-499-375 375
fax: (031)-499-375 373

Uw partner voor een deskundig advies.

PRECISIE OPTISCHE COMPONENTEN

Lenzen in standaard waarden of geheel volgens Uw specificatie. Onze slijperij kan t/m testglas-controle, optische kwaliteits onderdelen leveren

- ☐ Lenzen en Prisma's
- ☐ Optische Bovenvlakspiegels, Deel-Spiegels, Achtervlak Spiegels
- ☐ Testglazen, Optische Vensters
- ☐ Coaten met metalen Fluoriden op uw Substraten en Spiegels
- ☐ Bosscreens en Matglazen voor camera's
- ☐ Precisie glasbewerking in Standaard Glas, Optisch Glas, Kwartsglas en Kwarts kristal



STABILIX B.V.
Burg. Hovylaan 84
2552 AZ DEN HAAG
tel. 070 - 3970061
fax 070 - 3979321

In Delft vindt u de specialisten van het fijnmechanisch werk. Delft Instruments is wereldwijd bekend om haar medische apparatuur, haar nachtvisie equipment en haar meetinstrumenten. Mechanical Parts Production (MPP) is het onderdeel van Delft Instruments dat de fijnmechanische onderdelen voor deze high tech apparatuur verzorgt. Onze kennis en ervaring stellen wij u graag ter beschikking. Wilt u tegen de scherpst mogelijke prijs exact het produkt dat u voor ogen staat, dan hoeft u maar één ding te doen. Naar Delft komen.

Fish eye lens
Om 360° foto's mee te maken.
Kortom, een lens die aan het onmogelijke grenst.

Vatting fish eye
lenzenstelsel
Lenzen met onderlinge
afstandtolerantie van
nog geen 2 µ.



Röntgen diffractiemeter
Nergens ter wereld waren
lagers met de vereiste
nauwkeurigheid.
Dus maakten we ze zelf.



MPP

Delft Instruments MPP
Röntgenweg 1, Postbus 483, 2600 AL Delft
Telefoon: 015 26 98 666. Fax: 015 25 71 352
E-mail: info @ MPPNL



**Delft
Instruments**

main supplier

Onze specialiteit is micro-assemblage van functionele componenten met buitenafmetingen tot maximaal 40x42x50 mm. Liefst met electronica/optica geïntegreerd.

Onze fijnmechanische kennis van serieproductie en assemblage is gebaseerd op onze intensieve contacten met de Zwitserse fijnmechanische industrie. Daardoor zijn wij tevens in staat u bij de engineering en product-optimalisatie ter zijde te staan.

GROOT IN HET KLEINE



micro  montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

STORK®

De specialisten in precisiedelen

Verbeter de kwaliteit van uw produkten door het gebruik van onze geëtste en geëlectroformeerde precisiedelen. Benut onze expertise op het gebied van optische maskers, codeerschijven, contacten, veren, opdammaskers, nozzle platen, e.d.. Stuur ons uw tekening voor een vrijblijvende offerte.



Stork Veco, werken aan uw toepassing

Stork Veco B.V.
Postbus 10
6960 AA Eerbeek
Nederland

Telefoon +31 313 672911
Telefax +31 313 655752
Internet www.StorkGroup.com



The success of your product depends on the performance of every single part — even those your customer doesn't see. That's why Philips Mechatronics is the smart choice for precision components.

Take advantage of Philips' expertise: high-performance parts in tightly controlled production and even to extreme tolerances — for just about every application. If standard units won't do, our design engineers will work with you to develop the specific component you need. And take advantage of our global presence and production facilities: Philips can meet your delivery schedule, wherever your needs arise.

Then there's quality... And while everyone else is making claims, Philips Mechatronics is making commitments. We understand that you're staking your reputation on our quality. So we'll do whatever it takes to deliver the best designed, most reliable, optimum tolerance product.

It's the little things that make a difference.



These components are small — so small, your customers won't know they're from Philips. But they will know if they're not.

Philips Mechatronics
Kerkeplaat 12, 3313 LC Dordrecht
P.O. Box 57, 3300 AB Dordrecht
Tel. +31 78 621 99 10
Fax +31 78 621 32 76

Let's make things better.

Philips
Key
Modules



PHILIPS