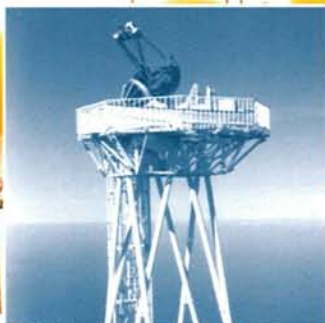


Mikroniek

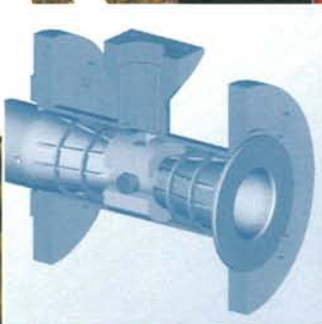
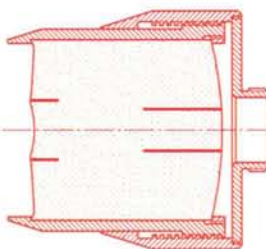
JAARGANG 38



Prins opent
Zonnetelescoop



Monolithische optiek



Van Wetenschap naar
Ambacht

NVPT VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE

NLR Precision Engineering

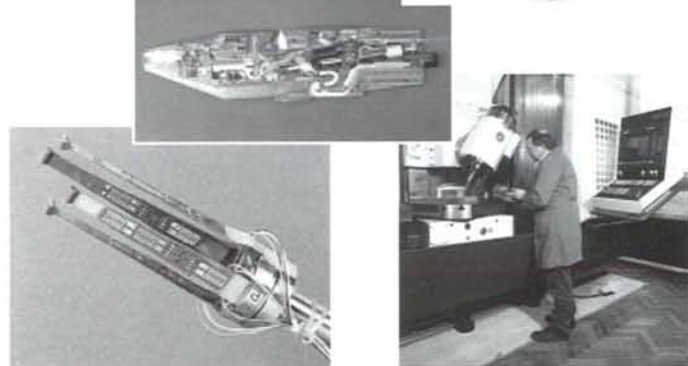


Integratie van kennis en kunde op vele gebieden:

- precisietechnologie
- mechatronica
- constructies en materialen
- testen, evaluatie, simulatie
- prototypebouw



Probleemoplossers



Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
Technische Diensten
Voorsterweg 31, 8316 PR Marknesse
Tel. (0527) 24 84 01/2483 84

Met de MM4005 heeft Newport een nieuwe motorbesturing in haar programma die in staat is al uw wensen op het gebied van motorbesturing te vervullen



Alles onder controle met de Newport motor-besturingen



De RTM-Rotatietafel is één van de vele Newport producten die zich probleemloos laat besturen door de MM4005

Wij sturen u graag de catalogus toe



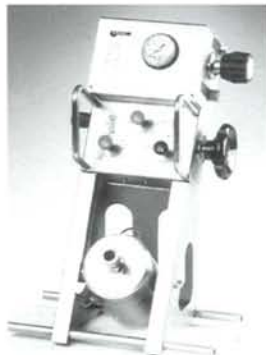
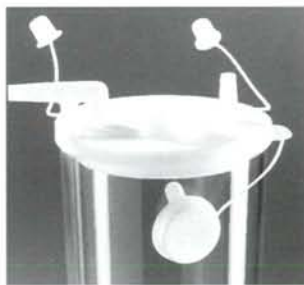
Newport B.V.
Regulierenring 9
3981 LA Bunnik
Tel: 030 6592111
Fax: 030 6570242



ProSpec

Produkt- & systeemrealisatie

- CAD/CAM
- 3D CNC frezen
- vacuüm gieten
- kunststoftechnologie



- proefmodellen
- prototypes
- integratie technieken
- kleine series

ProSpec bv
Koraalrood 153
2718 SB Zoetermeer
Tel. (079) 362 10 66
Fax (079) 362 15 11

Lid Multin Technology Group



CONTOUR
FINE TOOLING B.V.

Diamond Tool Technology

Contour Fine Tooling is specialist op het gebied van monokristallijne **diamantgereedschappen** voor **ultra precisie verspaning**. Onze draaibeitels worden wereldwijd ingezet voor het vervaardigen van componenten (kunststof, non-ferro, IR-kristallen) met hoge eisen aan vormnauwkeurigheid en oppervlaktegesteldheid. De gereedschappen zijn leverbaar met natuurdiamant of synthetische diamant met radiusgrootte tussen 1µm en 500µm. Waviness over de snijkant (peak-to-valley) kan gespecificeerd worden tot een minimale tolerantie van $\leq 0,05\mu\text{m}$. Voor veel toepassingen kunnen standaardbeitels ingezet worden, voor uw specifiek probleem ontwerpen wij graag een speciaal gereedschap.

Voor aanvullende informatie kunt u terecht op onze homepage www.contour-diamonds.com.

Contour Fine Tooling BV
Geenhovensedreef 22, 5552 BD Valkenswaard
tel 040-2082363, fax 040-2082313a

In dit nummer

1 Editorial

3 Actueel

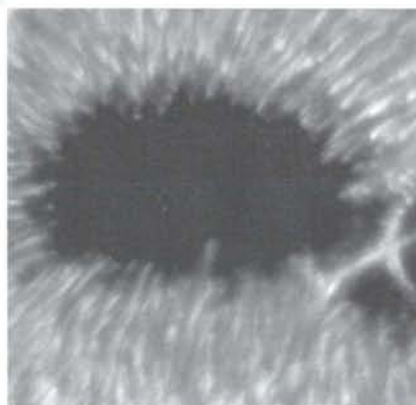
7 Utrechtse open torentelecoop ziet eerste licht
F. Bettonvil en R. Hammerschlag

13 Monolithisch teleoptisch systeem (2)
H. Rutten, B. Postema en R. ter Horst

20 Van Wetenschap naar Ambacht
Prof.dr.ir.A.C.H. van der Wolf

29 Productinfo

30 Jaarindex 1997



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.



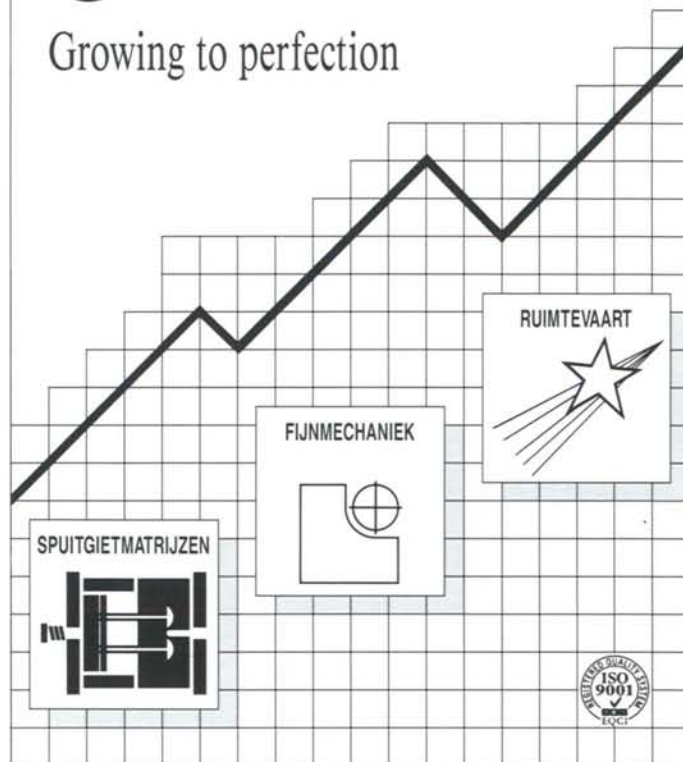
micro  montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

GROOT IN HET KLEINE

PEDEO TECHNIEK

Growing to perfection



PEDEO TECHNIEK Martijn Van Torhoutstraat 15, B-9700 Oudenaarde
Tel 32 (0) 55 31 35 61 • Fax 32 (0) 55 31 26 85

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

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.

Vakmanschap

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
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. Dierselhuis
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

Het gaat goed met onze economie. Beter dan we hadden kunnen hopen. Nog niet zo lang geleden waren we bang dat al het werk naar "lage lonen landen" zou verdwijnen. Op de afgelopen VAT-beurs (beurs van toeleveranciers) bleek dat er werk in overvloed was. Waar haal je de vakmensen vandaan om al dat werk te doen, was een vaak gehoorde verzuchting.

Dat probleem is voorlopig niet opgelost. Het aantal leerlingen dat zich aanmeldt voor een technische studie daalt nog steeds.

Gelukkig worden een aantal initiatieven ontplooid om de belangstelling voor ons vak te wekken bij middelbare scholieren (zie actueel in dit blad).

Ook de NVPT ontplooid samen met de onderwijsinstellingen en enkele bedrijfsleden initiatieven.

Wilt u meedoen? Neem dan contact op met ons bestuurslid Herman Akkerman.

We horen graag van u.

Jaap Verkerk.

Techni-Show

Vakbeurs van 23 maart tot 28 maart 9.30-17.30 uur, Jaarbeurs Utrecht.

Machines voor verspanende bewerking, voor niet-verspanende bewerking, machinegereedschappen, verbindingstechniek, werkplaatstechniek, meettechniek, industriële automatisering, kunststoffen, oppervlaktebehandeling, perslucht- en vacuümtechniek, informatie-kennisoverdracht.

Geëxposeerd wordt door fabrikanten en importeurs van gereedschappen, toebehoren en machines voor industriële productie.

Voor nadere informatie:

Koninklijke Nederlandse Jaarbeurs

Telefoon: 030-295 5911

Fax: 030-294 0379

E-mail: info@jaarbeursutrecht.nl

Internet: [//www.jaarbeursutrecht.nl](http://www.jaarbeursutrecht.nl)

Manifestatie Productietechnologie

23 maart t/m 27 maart, Manifestatie Productietechnologie Nederland tijdens de Techni-Show in de Jaarbeurs te Utrecht. De MPTN '98 omvat een aantal parallelle sessies over concrete onderwerpen die zijn verdeeld over vijf dagen. Alle congresonderwerpen zijn terug te vinden op de Techni-Show.

Het doel van de manifestatie is het bijeenbrengen van personen, die verantwoordelijk zijn voor de totstandkoming van technische producten, en het overdragen van kennis over actuele technologische ontwikkelingen op het gebied van productie.

In onderstaand programma staan de data, onderwerpen en dagvoorzitters vermeld:

23 maart, Productie Engineering

Prof.dr.ir. H.J.J. Kals, Universiteit Twente

23 maart, Plaatbewerkingstechnieken

Ir. A.H. Streppel, Universiteit Twente

24 maart, Design for assembly,

Prof.dr.ir. M. Koster, Philips CFT Eindhoven

24 maart, Nieuwe spuitgiettechnieken, Prof.dr.ir. A.

Posthuma de Boer, TU Delft

25 maart, Nauwkeurig meten,

Prof.dr.ir. P.H.J. Schellekens, TU Eindhoven

25 maart, Modellen en Prototypes,

Prof.dr.ir. D.P. Rookmaaker, ARBO management Group Utrecht

26 maart, Continue verbeteren,

Prof.dr. R.J.M.M. Does, Universiteit Amsterdam

26 maart, Industriële communicatie,

Dr.ir. F.J.A.M. van Houten, Universiteit Twente

27 maart, Werkvoorbereiding,

Ir. C. van Luttervelt, TU Delft

27 maart, After-sales machinesupport,

Prof.ir. W.H.M. Geraerds

Voor nadere informatie:

Techno Vision & Solution

Tel.: 010 - 408 2162

Fax: 010- 452 2398.

Gereedschapbeheersysteem Toolman

Op de Techni-Show demonstreert TNO Industrie onder andere het gereedschapbeheersysteem Toolman, een systeem voor het beheer van verspaningsgereedschappen waarmee direct kosten bespaard kunnen worden, verlaging van slijpkosten, hogere productiviteit door toevoegen van technologiegegevens, voorraadbeperking en een eenduidig inkoopbeleid.

Daarnaast kan men de nieuwe conceptmodeller aan het werk zien, deze machine vervaardigt direct uit CAD-informatie fysieke delen. Tevens wordt aandacht besteed aan laserfrezers, hogesnelheidsverspanen en reverse engineering. De resultaten van deze technieken wordt door voorbeelden ondersteund. Op de Manifestatie Productie Technologie tijdens de Techni-Show worden deze nieuwe items inhoudelijk in lezingen uitgediept.

Draaibank voor 25 middelbare scholen

Op donderdag 11 december 1997 zijn op het Minkema College in Woerden, de eerste van een serie van 25 computergestuurde draaibankjes voor het voortgezet onderwijs in bedrijf genomen. Dat gebeurde in aanwezigheid van de sector-directeur van het Minkema College, drs. J.V. Sluijs, en de voorzitters van de werkgeversorganisaties in de metaal, Th.J.M. Evers (Metaalunie) en J.L. van den

Akker (Vereniging FME-CWM). De kinderen (12 tot 14 jaar oud) en de werkgeversvoorzitters gingen ter plekke meteen aan de slag met de draaibankjes. In totaal 25 scholen in Nederland krijgen begin 1998 de beschikking over dergelijke draaibankjes, voorzien van een leerpakket, een computer en diverse gereedschappen. De 25 draaibankjes voor het voortgezet onderwijs zijn verkleinde maar natuurgetrouwe uitgaven van draaibanken die worden gebruikt in de metaal- en elektrotechnische industrie.

Het aanbieden van draaibankjes voor het voortgezet onderwijs is een initiatief van de actie "Kies Techniek". Zij wil hiermee bereiken dat leerlingen in de eerste twee jaren van het voortgezet onderwijs ervaren wat het vak Techniek inhoudt. Zoals bekend is er een groeiend tekort aan technisch geschoolde werknemers. In de techniek liggen immers interessante banen in het verschiets voor jongens en meisjes met een vaktechnische opleiding.



Draagbare vingerbloeddrukmeter

TNO en het Japanse Otsuka Electronics Co.Ltd. (OELCO) hebben een driejarig contract getekend voor de verkoop en distributie van de Portapres, de door TNO ontwikkelde en geproduceerde draagbare vingerbloeddrukmeter. De onderhandelingen hebben ruim een jaar geduurd. Indien de relatie zich positief ontwikkelt zal OELCO fungeren als partner voor de verdere ontwikkeling van de Portapres-verkoop in Azië. De Portapres dankt zijn succes onder meer aan de bewegingsvrijheid die de gebruiker behoudt. Dit is niet alleen te danken aan het feit

dat de Portapres draagbaar is, maar ook doordat de bloeddrukmeting continu plaatsvindt. Dit is vooral nuttig voor lopende patiënten of patiënten die ontslagen zijn, maar voortdurende bloeddrukbewaking nodig hebben.

De Portapres wordt wereldwijd gebruikt en voortdurend verbeterd. Eén van de succesvolle toepassingsgebieden ligt in de ruimtevaart. Zo is tijdens MIR-expedities in 1996 en 1997 de Portapres gebruikt voor medisch onderzoek naar de gevolgen voor het menselijk lichaam van een langdurig verblijf in de ruimte.

Kittz-innovatieprijs

De Kittz-innovatieprijs 1997 is onlangs uitgereikt. De Kittz (Kwaliteitsinstituut Toegepaste Thuiszorgvernieuwing) innovatieprijs is in het leven geroepen om ontwerpers en producenten te stimuleren meer rekening te houden met de zelfredzaamheid van gehandicapten en ouderen. Het thema van de prijs is dat er producten worden ontworpen die eraan bijdragen dat mensen zichzelf zo lang en goed mogelijk kunnen blijven redden. De prijs is in drie delen opgesplitst: de Kittz-ideeënprijs die open staat voor iedereen, de Kittz-studentenprijs voor ontwerpers in opleiding en de Kittz-productprijs die zich richt op fabrikant en ontwerper.

- De ideeënprijs, een bedrag van 10.000 gulden, is toegekend aan de Pico van mevrouw M.T. Verwoerd in Ederveen. Dit is een ontwerp voor een dienblad waarmee dankzij een bijzondere draagconstructie kopjes, glazen en dergelijke zonder morsen kunnen worden vervoerd.
- De studentenprijs, een bedrag van 20.000 gulden, gaat naar de Bike Tender van F. Ziedses des Plantes, student aan The Design Academy in Eindhoven. Hij heeft een boodschappen- en bagagewagentje ontworpen dat in een handomdraai aan de bagagedrager van de fiets kan worden gemonteerd. Het Innovatie Centrum Overijssel zal ondersteuning bieden bij de verdere realisatie en het op de markt brengen van het ontwerp.
- De productprijs van 25.000 gulden tenslotte is toegekend aan G. Huijerman, directeur van Economic Holland in Zwanenburg met de Aerolet toiletlift. Deze toiletlift maakt het voor mensen eenvoudiger om op het toilet te gaan zitten en na gebruik weer op te staan.

CAD-cursusprogramma

In het eerste helft van dit jaar worden de volgende cursussen een aantal malen gegeven. Voor elk softwarepakket zijn een aantal modules gedefinieerd geschikt voor beginners of gevorderden met praktische oefeningen, die een tot twee dagen duren.

Men is vrij in het kiezen van de modules die men wenst te volgen. Soms is een avondcursus mogelijk en ook is het mogelijk een cursus op maat bij het eigen bedrijf te laten verzorgen:

Het betreft het gebruik van de volgende software:

SolidDesigner

Basis, SheetAdvisor, SheetAdvisor Toolshop Management, Freeform, Dynamic Relations, Lisp, ME10 Library, Annotation.

ME10

Basis, Advanced, Parametrics, Macro Basis en Advanced, Upgrade 5 naar 8, Upgrade 6 naar 8.

Product Data Management

WorkManager Desktop: basis, advanced, systeem- / database-beheer.

Baan PDM V

Personal Designer

Basis, 3D, sheet metal, scheepsbouw

Unix

systeembeheer.

Windows NT

Basis, systeembeheer.

Een brochure met cursusbeschrijving en data is beschikbaar.

Voor nadere informatie:

CAD Services Nederland BV

Telefoon: 033-434 5000

Fax: 033-434 5010.

Toepassing Richtlijn Arbeidsmiddelen & Machinerichtlijn

Workshop op 24 februari, 25 maart, 28 april, 26 mei, 8 juni, 24 september, 27 oktober, 26 november, 17 December. Kosten fl 875,-

Wat is het verschil tussen de Machinerichtlijn en Richtlijn Arbeidsmiddelen? Wanneer ben ik verplicht aan de eisen van deze richtlijnen te voldoen? Welke gevolgen hebben deze richtlijnen voor onze organisatie? Een antwoord op deze en vele andere vragen krijgt u op de workshop Toepassing Richtlijn Arbeidsmiddelen & Machinerichtlijn. Behandeld worden de achtergrond van deze richtlijnen; Richtlijn Arbeidsmiddelen versus Machinerichtlijn, de risico-beoordeling, juridische

gevolgen en een praktijkvoorbeeld waarmee deelnemers zelf aan de slag gaan. De werkmap bevat alle benodigde documenten (checklisten, tekst van de richtlijn inclusief wijzigingen en handige tips), waarmee u binnen uw organisatie deze wetgeving kunt implementeren.

De workshop is bestemd voor werkgevers, bedrijfsleiders, veiligheidsfunctionarissen, arbo-coördinatoren en overige belanghebbenden.

Voor nadere informatie:

SGS CE-Consultancy

Postbus 200, 3200 AE Spijkenisse

Telefoon: 0181-693 655

Fax: 0181-693 583.

NVK verzelfstandigd

De Nederlandse Vereniging Kwaliteitszorg (NVK) is per 1 januari 1998 verzelfstandigd. De vereniging is actief op het gebied van de ondersteuning bij kwaliteits-audit activiteiten, kringgesprekken, het organiseren van workshops en themadagen, helpdesk, bedrijfsadviezen & ondersteuning, alsmede bij collectieve belangenbehartiging. Met deze verzelfstandiging verwachten bestuur en medewerkers nog beter in staat te zijn de leden te ondersteunen bij activiteiten op kwaliteitsgebied.

Het nieuwe adres is:

NVK Nederlandse Vereniging Kwaliteitszorg

Blik 17, 4941 SG Raamsdonksveer

Telefoon: 0162-570 627

Fax: 0162-570 358

Activiteiten Mikrocentrum

Themadag Mens-Machine Interface; 26 februari, 9.00-17.30 uur; Mikrocentrum Eindhoven; kosten f 550,-.

Praktische toepassingsmogelijkheden en de kracht en beperkingen van windowing en andere technieken zijn de basis van het gebodene met voordrachten uit procesindustrie, ergonomie, consumenten en professionele apparatuursectoren, softwarehoek.

Cursussen, genoemd worden de startdata.

- Vonkerosie; avonden Eindhoven 17 februari en Utrecht 19 februari, overdag Eindhoven 10 maart.
- Stanstechniek voor gereedschapconstructeurs; avonden Eindhoven 18 februari, Utrecht 2 april.
- Omvormtechnologie; Utrecht 17 februari, Eindhoven 19 februari.

- CNC programmeren, draaien/frezen; draaien: frezen: Eindhoven 2 maart, Eindhoven 3 maart. Magazijn en logistiek medewerker; avonden Den Bosch 5 maart; Eindhoven 25 maart, Utrecht 29 april.
- Stanstechniek voor gereedschapmakers; avonden Utrecht 13 maart, Eindhoven 7 april.
- Optimaal verspanen; Eindhoven 27 april.

Voor nadere informatie:

Themadag

Telefoon: 040-243 2503

Fax: 040-245 0169

Cursussen

Telefoon: 040-246 4240

Fax: 040-243 7711

Internet: //www.mikrocentrum.nl

Email: info@mikrocentrum.nl

Cursussen PATO voorjaar 1998

Van deze veelal meerdaagse cursussen zijn de start-data en de cursusleiding genoemd.

Meet-, regel- en besturingstechnologie

Storingsreductie door automatisch regelen

17 maart, Delft: Theorie en praktijk van automatisch regelen voor effectieve kwaliteitsbeheersing; prof.ir. P.J. de Jong (TU Delft).

Geavanceerde meettechnieken voor plaats- en krachtgrootheden

15 april, Utrecht: Nieuwe en verbeterde methoden en technieken voor het meten van krachten, posities en verplaatsingen; prof.dr.ir. P.P.L. Regtien (Universiteit Twente).

Inleiding systeemidentificatie

15 april, Delft: Methoden en gereedschappen voor dynamische modelvorming voor het regelen van industriële processen en mechanische servosystemen; dr.ir. P.M.J. van den Hof (TU Delft).

Modelleren en ontwerpen van hydraulische servosystemen

juni, Delft: Constructieve en regeltechnische aspecten; ir. P.C. Teerhuis, dr.ir.A.J.J. van der Weiden (TU Delft).

Fuzzy modelling and control

4 juni, Delft: Toepassen van Fuzzy Logic voor modelvormen, identificeren en regelen; prof.ir. H.B. Verbruggen (TU Delft), W.C.van Etten (Universiteit Twente).

Werktuigbouwkunde en industrieel ontwerpen

Parametrisch ontwerpen

5 maart, Eindhoven: Van tekenen naar ontwer-

pen; ir. L.M. Poppelier (CE Masters BV).

Tribotechniek

17 maart, Eindhoven; 24 maart, Enschede:

Theoretische en praktische inzichten in materiaalgedrag onder tribotechnische omstandigheden; prof.ir. A.W.J. de Gee (Universiteit Twente), ir. D. Landheer (TU Eindhoven).

Turbulentie en modellering

22 april, Delft: Inleiding in de theorie van turbulente stromingen met toepassingen op turbulente modellering; prof.dr.ir. F.T.M. Nieuwstadt (TU Delft).

Technische keramiek voor serie- en massafabricage

april, Utrecht: Kosteneffectieve ontwerp mogelijkheden om keramiek operationeel toe te passen in producten; dr.ir. L.A. Correia (ECN), P. Kuijpers (Formatec), ir. W.A. Poelman (Bureau Poelman Partners)

Constructieprincipes voor het nauwkeurig bewegen en positioneren

11 mei, Enschede: Verhogen van de creativiteit bij het ontwerpen van mechanische systemen; prof.dr.ir. M.P. Koster (Universiteit Twente).

Omvormen van metalen

14 mei, Eindhoven: Modelvorming en simulatie van metaalomvormprocessen; dr.ir. J.A.H. Ramaekers (TU Eindhoven).

Vermoeiing van constructies

3 juni, Eindhoven: Kennis voor het onderkennen van en het anticiperen op vermoeiingsproblemen; ir F.T.M. van Lipzig (DAF).

Multibody dynamica

8 juni, Delft: Grondslagen, methoden en toepassingen van de multibody softwarepakketten Adams en Spacar; dr.ir. J.B. Jonker (Universiteit Twente).

Voor nadere informatie:

Stichting PATO

Telefoon: 070-364 4957

Fax: 070-356 2722.

Utrechtse open torentelecoop ziet eerste licht

Felix Bettonvil en Rob Hammerschlag Sterrekundig Instituut Universiteit Utrecht

F. Bettonvil en R. Hammerschlag Op 31 oktober 1997 stelde prins Willem-Alexander officieel de Utrechtse open torentelecoop -formeel DOT (Dutch Open Telescope) genoemd- op de op het Canarische eiland La Palma gelegen sterrenwacht Roque de los Muchachos in bedrijf. De DOT is een nieuw type telescoop voor sterrenkundige waarnemingen met een hoog hoekoplossend vermogen zowel 's nachts als overdag. Elementair en revolutionair is dat de telescoop niet staat opgesteld in een koepelvormig gebouw; hij bestaat uit een open torenconstructie van 15 m met daarop een -eveneens open- telescoop. Hierdoor wordt gegarandeerd dat de lucht vrij door het instrument kan stromen. Wind blijkt essentieel om de lucht thermisch homogeen te krijgen: kleine verschillen in temperatuur veroorzaken al een merkbare verandering van de brekingsindex en verstoren daarmee het zicht door de atmosfeer.

Seeing

Een veel gebruikte term in de astronomie is het engelse woord *seeing*. Het wordt gebruikt om de mate van beeldbederf aan te duiden als gevolg van de weg van het licht door de aardse atmosfeer. Vooral het onderste stuk van de atmosfeer zorgt voor veel problemen aangezien er sterke warmte-uitwisseling met het aardoppervlak plaatsvindt en de lucht daar ook de grootste dichtheid heeft. Sterker nog, vooral de directe omgeving van de telescoop kan heel grote invloed hebben, met name als de telescoop in een gebouw staat of is omringd door interne warmtebronnen. Dit wordt *interne seeing* genoemd en juist dit gebied vereist aandacht van de ingenieur.

Uit temperatuurmetingen aan masten bleek dat op enige tientallen meters hoogte de temperatuurverdeling veel homogener is dan bij de grond.

Voorwaarde is wel dat er sprake is van wind.

Het idee van een echt open telescoop op een open constructie boven de grond lag voor de hand...

Fijnmechanisch

Naast het streven naar een zo open mogelijk instrument moest bij het ontwerp bereikt worden dat de constructie tegelijkertijd ook voldoende stijf is om weerstand te kunnen bieden aan de variabele windbelasting. Dit geldt zowel voor de torenconstructie als voor de telescoop. Ook de aandrijving van de telescoop moet stijf zijn en tegelijkertijd bijzonder gelijkmatig lopen, zonder noemenswaardige stick-slip.

Een ander aspect betrof het thermische.

Uitzettingsverschillen zijn onvermijdelijk. Maar zolang relatieve verplaatsingen tussen samengeschoefde onderdelen geleidelijk zijn, zijn ze alleen van invloed op de positionering van de telescoop en niet op de beeldkwaliteit. Ze zijn echter funest indien daarbij schokjes optreden. Wederom dus stick-slip, die door speciale maatregelen voorkomen moet worden.

Ondanks de grote fysieke afmetingen van de telescoop heeft het project door dit alles bij uitstek een fijnmechanisch karakter. Ontwerp en vervaardiging vond grotendeels plaats door het Sterrekundig Instituut en de Instrumentele Groep Fysica van de Universiteit Utrecht alsmede door de Centrale Werkplaats van de Technische Universiteit Delft. Het project wordt ondersteund door de Technologiestichting STW.



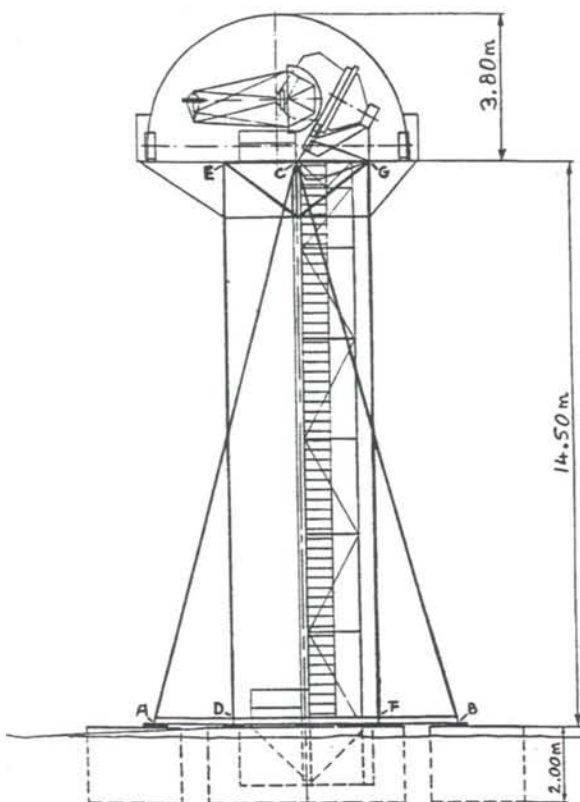
Figuur 1: De Dutch Open Telescope (DOT) temidden van enkele andere telescopen van de sterrenwacht Roque de los Muchachos op La Palma. Zichtbaar achter de DOT is de William Herschel Telescope (WHT), de grootste van de drie Brits-Nederlandse nachttelescopen op La Palma.

Figuur 1 laat de DOT zien op de Roque de los Muchachos temidden van de andere telescopen. Door zijn karakteristieke open constructie valt hij onmiddellijk op.

Toren

Bij de toren is gekozen voor een stalen constructie. De vraag is of zo'n constructie voldoende stijf te maken is, zodat de veroorzaakte beweging door de wind kleiner blijft dan de buigingsgrens van de telescoop (ordegrootte 0.1", of wel 1/20.000e van de diameter van de Zon). Een klassieke oplossing is twee torens in elkaar te bouwen waar de binnenste de telescoop draagt en de buitenste de binnenste omsluit. Bij zo'n oplossing vraagt vooral de overspraak tussen de funderingen bijzondere aandacht. Daarnaast is het onvermijdelijk dat de telescoop zelf blootgesteld is aan wind waardoor dus toch voor de binnentoren stijfheidseisen gelden. Voor de DOT werd daarom gekozen voor een enkele stijve toren. Bij het doen van astronomische waarnemingen bevinden alle objecten zich dusdanig ver weg dat het alleen nodig is de toren rotatiestijfheid te geven; translaties van het torenplatform leiden immers niet tot een verschuiving van het telescoopbeeld.

Figuur 2:
Principe-schets van de DOT. De toren bestaat uit 4 driehoeken, opgesteld in twee parallelle paren: het eerste parallel aan het vlak van tekening (driehoek ABC en de daar achterliggende), het tweede loodrecht op het vlak van tekening (driehoek afgebeeld door DE en door FG). De telescoop staat in de parkeerstand en de vouwbare tent is gesloten.



Figuur 2 en 3 illustreren het gebruikte principe. De toren bestaat uit vier driehoeken opgesteld in twee parallelle paren. Elk paar geeft stijfheid in één richting en functioneert als parallelgeleiding in de andere. Alle vier de driehoeken samen geven stijfheid tegen rotatie rond de verticale as.

De stijfheid van een driehoek in zijn vlak is proportioneel met het kwadraat van de sinus van zijn tophoek. Een tophoek van 30° blijkt dan voldoende te zijn om te voldoen aan de gestelde stijfheidseisen. Bij een dergelijke tophoek zou, indien we uitgaan van vier basispunten op de grond, een veel groter torenplatform ontstaan dan vereist is



Figuur 3: De DOT in werking. Let op de rubberen dempers halverwege iedere torendriehoek die er voor zorgen dat de staven op elkaar dempen bij het eventueel aanslaan in de wind.

voor de telescoop. Om deze reden zijn de driehoeken naar elkaar toe geschoven. Dit geeft acht basispunten in plaats van vier. Modellen toonden aan dat het van groot belang is zoveel mogelijk de mathematische driehoek te benaderen: het niet goed laten samenkomen van de staven in de punt kan namelijk tot aanzienlijk verlies van stijfheid leiden. Bij het uiteindelijke ontwerp is hier veel aandacht aan besteed.

Interferometrische metingen toonden de stabiliteit van de toren aan bij wind. Windvlagen tot 10 m/s resulteerden in een maximale kanteling van 0,1" en trillingen waren niet zichtbaar. Dit najaar werden zonne-waarnemingen gedaan bij windsnelheden tot 18 m/s, zonder storende invloed op de beeldkwaliteit.

De telescoop

Natuurlijk geldt ook voor de telescoop het ontwerp 'open' te houden. Dit geldt met name voor dat deel van de telescoop waarin zich de optiek bevindt. We willen immers bereiken dat juist in de stralenbundel zelf een homogene temperatuur heerst. Om dit te

bereiken is dit optische gedeelte boven het aandrijf-gedeelte geplaatst, zoals duidelijk te zien is in figuur 4. De optiek staat dan met een minimum aan obstructie vrij in de wind.

De symmetrische opbouw van het optische systeem en de keus alle optische componenten samen in een star frame te monteren maakt de telescoop zeer geschikt voor het doen van waarnemingen in gepolariseerd licht.

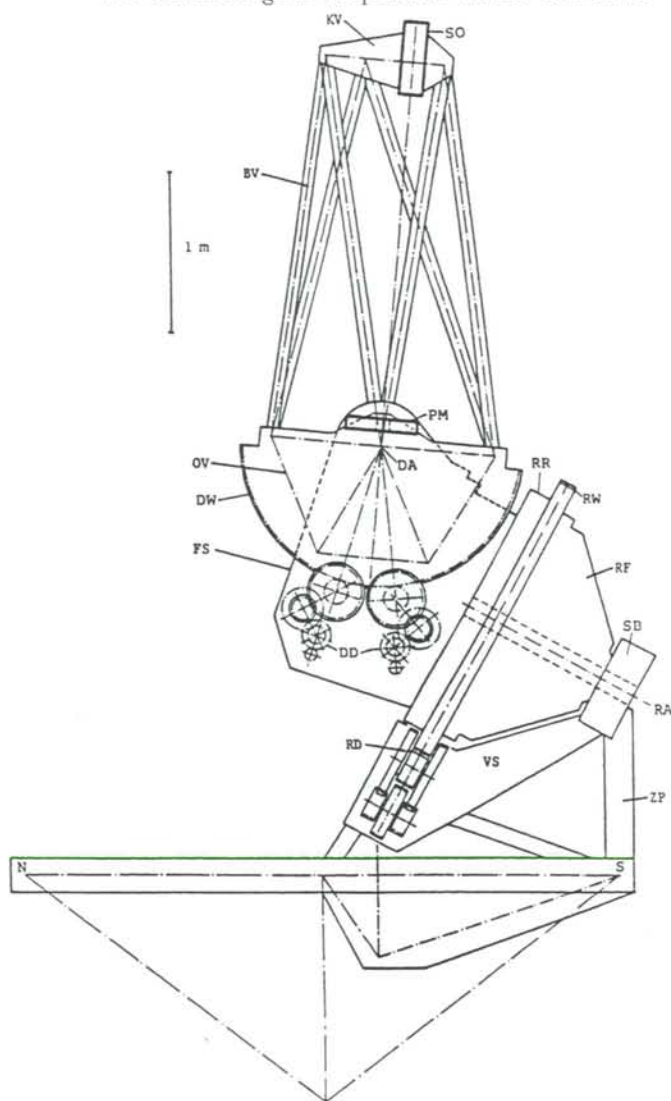
Met het oog op de stijfheid van de telescoopstructuur geldt dat behalve rotaties, zoals bij de toren het geval was, ook translaties tussen hoofdspiegel en secundaire optiek klein moeten zijn.

Bij het ontwerp van de drijfwerken is grote aandacht besteed aan de stijfheid en tegelijkertijd aan het realiseren van een zeer gelijkmatige loop, noodzakelijk voor het langzaam volgen van een object aan de hemel. Uitgegaan is van rechte tandwielen. Om stick-slip te voorkomen is geen hoge voorspanning tussen de tandwielen toegepast met het doel daarmee lijncontact tussen de tanden – en dus een grote stijfheid – te bereiken, maar is een nieuw type drijfwerk ontwikkeld waarmee ook bij lage belasting lijncontact gewaarborgd is.

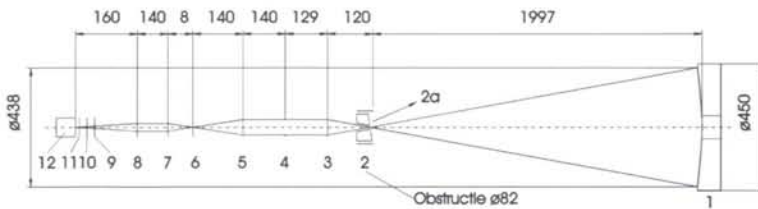
Proeven na het assembleren van de telescoop in de Centrale werkplaats van de TU Delft lieten zien dat het principe werkt en dat daardoor tevens een zeer hoge positioneer nauwkeurigheid haalbaar is.

De telescoop is van het equatoriale type, dat wil zeggen dat één van de draaiingsassen gericht is op de hemelpool. Dat maakt het volgen van sterrenkundige objecten eenvoudig. Ten opzichte van de alt-azimuth-opstelling heeft het equatoriale type als voordeel dat het beeld niet om zijn midden roteert, wat met name voor zonne-onderzoek van belang is.

De DOT is uitgerust met een hoofdspiegel van 45 cm diameter, groot genoeg voor overdag en 's nachts om aan te tonen dat met deze telescoop volgens het open principe scherpere afbeeldingen gemaakt kunnen worden dan met conventionele telescopen in een koepel of andere behuizing. De telescoop is echter groot en stijf genoeg om een grotere hoofdspiegel te kunnen dragen: met een nieuwe spiegelondersteuning zijn spiegels tot 80 cm doorsnede mogelijk en met een nieuwe topstructuur zelfs tot 120cm. Daarmee wordt het dan mogelijk echt een resolutie te bereiken van 0,1". Zelfs veel grotere conventionele telescopen bereiken dat nu bij hoge uitzondering.



Figuur 4: Schema van de telescoop. PM: hoofdspiegel, SO: secundaire optiek, KV: kap, BV: bovenste frame-
werk, OV: onderste frame-
werk, DW: declinatie-wiel, DA: declinatie-as, DD: declinatie-drijfwerken, FS: vorkstructuur, RR:
rollenbaan rechte-klimming-wiel, RW: vertanding rechte-klimming-wiel, RF: frame-
werk rechte-klimming-wiel, SB:
lager, RA: rechte-klimming-as, VS: voetstructuur, RD: rechte-klimming-drijfwerken, ZP: zuidpoot, instelbaar voor
de poolhoogte.



Figuur 5:

Schematische weergave van het optisch systeem van de DOT (niet op schaal, afmetingen in mm).

1. Hoofdspiegel, $\varnothing$ 450mm (effectief $\varnothing$ 438mm bepaald door pupil diafragma, Pos. 4).

Brandpuntsafstand 1997mm. Gat in hoofdspiegel $\varnothing$ 80mm. Materiaal: Cervit.

2. Diafragma $\varnothing$ 1.6mm, watergekoeld (debiet 6 dm³/min) en voorzien van luchtafzuiging.

2a. Gereflecteerde bundel van diafragma met overtollige licht.

3. Commerciële achromaat, brandpuntsafstand 120mm.

4. Pupildiafragma.

5. Commerciële achromaat, brandpuntsafstand 140mm.

6. Velddiafragma $\varnothing$ 0,52mm overeenkomend met beeldhoek van 46°.

7. Commerciële micro-objectief, Plan-apochromaat 20x, brandpuntsafstand = 8mm.

8. Tubuslens behorend bij micro-objectief, brandpuntsafstand = 160mm.

9. Commerciële interferentie filter, 546nm, bandbreedte = 7nm, transmissie = 60%

10. Absorberend grijsfilter, transmissie = 10%

11. Infrarood filter behorend bij CCD-camera.

12. CCD-camera (Hitachi KP-M1 industriële 2/3" videocamera, 756x581 pixels, pixelafmetingen:

11,0x11,0 μ m).

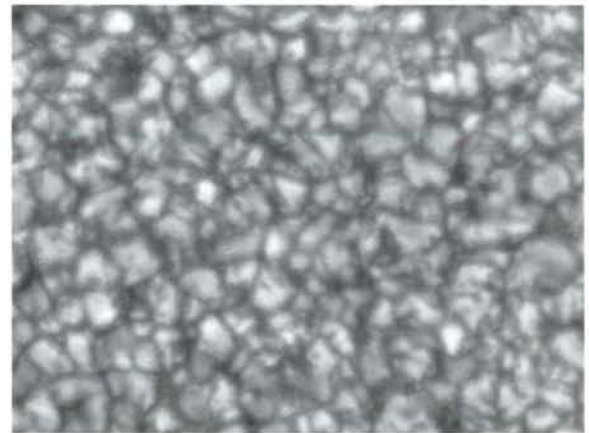
Instrumentatie

Op dit moment is alle instrumentatie ondergebracht achter het primaire focus in de kop van de telescoop, zie figuur 4. In feite bestaat deze secundaire optiek uit een vergrotingssysteem en een spectraal bandfilter zoals weergegeven is in figuur 5. Zoveel mogelijk zijn standaard componenten gebruikt en dit maakt dat beste resultaten bereikt worden bij een golflengte van circa 550 nm vanwege de nog aanwezige sferische abberatie op andere golflengten. Bijzonder is de aanwezigheid van een watergekoeld diafragma in het primaire focus. Dit is nodig voor zonswaarnemingen waarbij in het primaire focus een intense afbeelding van de Zon gevormd wordt. Omdat slechts een klein deel van de Zon op de camera kan worden afgebeeld zorgt de resterende energie (circa 200 W) voor opwarming van instrumentatie en omringende lucht. Om te voorkomen dat deze opgewarmde lucht in de inkomende lichtbundel terecht komt, is een diafragma ontwikkeld dat door middel van reflectie, waterkoeling en luchtafzuiging vrijwel alle warmte elimineert. Koelpomp en ventilator staan ongeveer 25 m van de toren opgesteld om verwarming van lucht in de omgeving van het instrument tot een minimum te beperken.

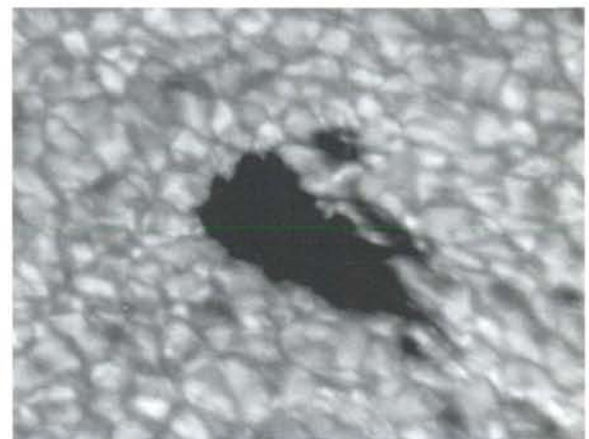
Besturing van de DOT en waarnemen gebeurt vanuit de op 60 m afstand gelegen Swedish Vacuum Solar Telescope SVST, zie figuur 1. Besturing, motorvoeding en beeldsignalen lopen door een stalen buis tussen de twee lokaties voor afscherming en bescherming tegen de gevolgen van blikseminslag.

Beeldselectie

Vastleggen van de beelden wordt gedaan met een commerciële industriële videocamera. Vanwege de hoge beeldsnelheid is een videosignaal goed geschikt voor testen van het telescoopprincipe en kan seing goed bestudeerd worden. Voor het maken van opnamen met hoge resolutie is het gebruikelijk kort te belichten (ordegrootte 10 ms) om beeldvervalsingen als het ware te bevroren. Alleen de beste beelden worden voor analyse opgeslagen. Hiervoor



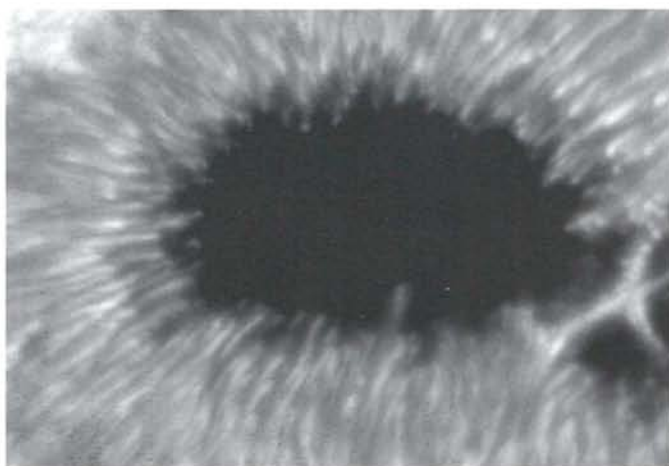
Figuur 6a



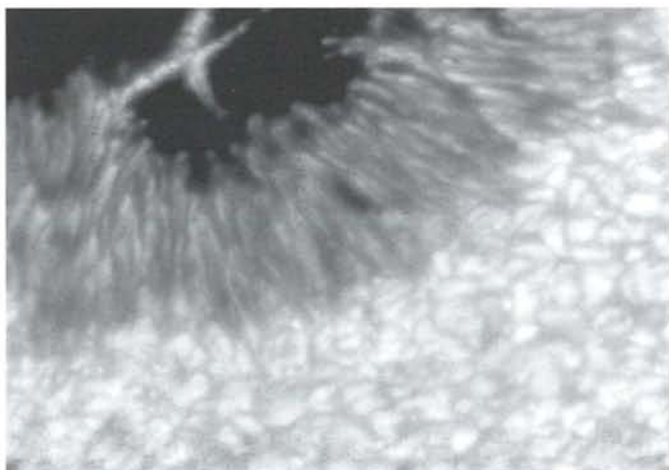
Figuur 6b

DOT opnamen van de Zon bij 546nm, beeldveld 32x24" (23000x17000km), a) granulatie, b) kleine zonnevlek zonder penumbra,

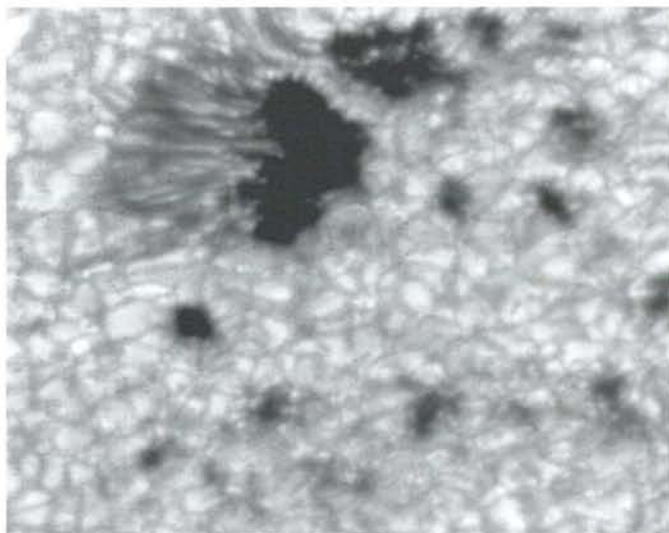
wordt real time het contrast in ieder beeld bepaald en de kwaliteit beoordeeld. Aangezien het zonsop-



Figuur 6c



Figuur 6d



Figuur 6e

Zelfde lichtgolfte en beeldveld als bij figuur 6a en 6b.

c) grote zonnevlek met uitgebreide penumbra ("oog") en brugvormige structuur, d) zelfde vlek als c) met naburige granulatie, e) actief gebied met vele kleine vlekken en een gedeeltelijke penumbra.

pervlak pas na meer dan 10 seconden zichtbaar veranderd is, wordt alleen het scherpste beeld uit een tijdserie van 10 seconden bewaard.

Eerste waarnemingen

Najaar 1997 werden de eerste waarnemingen gedaan van zowel sterren als Zon. De figuren 6 tonen de grote gedetailleerdheid van het oppervlak van de zon bij een golflengte van 546 nm. Het betreft afzonderlijke beelden waarbij alleen voor de donkerstroom en ongelijke gevoeligheid van de CCD-pixels is gecorrigeerd. Achteraf is het mogelijk uit een aantal beelden een nog beter resultaat te reconstrueren. Dit wordt wel spikkel-reconstructie genoemd. Deze techniek of andere soortgelijke aanscherpings-technieken zijn hier nog niet toegepast.

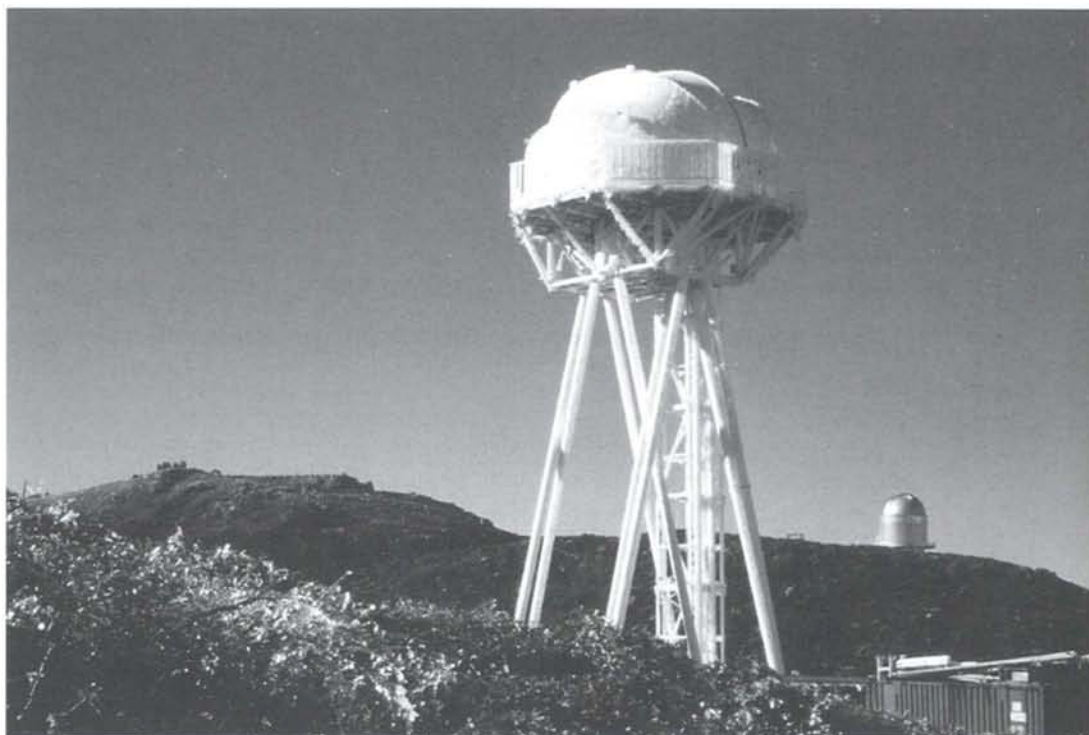
De afbeeldingen tonen het 'oppervlak' van de Zon, dat wil zeggen het deel van de Zon waar gasvormige convectiecellen hun energie afgeven naar buiten. Deze celstructuur wordt granulatie genoemd en is karakteristiek voor de Zon. Soms zijn ook donkere plekken te zien, zonnevlekken genoemd. Het zijn gebieden met magnetische activiteit die de convectiestromen naar buiten tegenwerken waardoor minder energie naar buiten komt.

De structuur van de fijnste details toont aan dat de DOT zijn theoretische buigingsgrens bereikt en reeds nu kan gesteld worden dat een open telescoop als de DOT geschikt is voor het doen van eerste klas astrofysica.

Eerste winter

Enige scepsis ten aanzien van een open telescoop kan bestaan als men een open en dus slecht beschermde telescoop denkt op een hoge bergtop met ruige weersomstandigheden. Ook op het Canarische eiland La Palma doen zich die met name in de wintermaanden voor. Gemakkelijk kunnen zich letterlijk tonnen ijs afzetten als wolken met onderkoelde druppels het niveau van de sterrenwacht (hoogte 2350m) bereiken. De wind zorgt er voor dat het ijs tegen de wind in aangroeit en kan zo voor gevaarlijke situaties zorgen, in het bijzonder als hierna ook nog een storm optreedt. Bij de bouw van andere telescopen op de Canarische Eilanden is zo in het verleden meer dan een enkele bouwkraan gesneuveld.

In het ontwerp van de DOT is nadrukkelijk rekening gehouden met het vergrote oppervlak door ijsvorming en dus grotere windbelasting. De telescoop is



Figuur 7:

De DOT met gesloten tent in wintertijd. Er is ijsafzetting zichtbaar maar op het tentdoek zelf is dat minimaal vanwege de teflon-achtige coating. Op de achtergrond is de koepel te zien van de Nordic Optical Telescope (NOT).

beschermd door een geheel wegvlouwbaar tent waarvan het PVC tentdoek met polyester weefsel gecoat is met een teflon-achtig materiaal (PVDF, merknaam Foraflon). Ijs kan zich hierdoor slechts moeilijk afzetten.

Inmiddels heeft de DOT zijn eerste echte winter doorstaan. Het weerstation van de naburige Nordic Optical Telescope registreerde toen een maximale windsnelheid van 48 m/s.

Het openen en sluiten van de tent bij windsnelheden tot 20 m/s leidde ook niet tot problemen. De tent is ontworpen voor sluiten tot 30 m/s en moet windsnelheden tot 70 m/s kunnen weerstaan.

Figuur 7 toont het instrument met gesloten tent.

Nieuwe ontwikkelingen

Op dit moment wordt er hard gewerkt aan het uitbreiden van het optisch systeem. Er komt een nieuw focus om ook grotere instrumentatie een plaats te geven. Gepland is dit te realiseren naast de primaire spiegel. Dit is goed toegankelijk en maakt snel wisselen van instrumentatie (dag/nacht) mogelijk. Voor zonne-onderzoek kan dan gelijktijdig gewerkt worden in drie verschillende golflengten (430,5 nm, 393,4 nm en 656,3 nm).

Omdat het open principe nog nieuw is, bestaat er

veel interesse voor de thermische eigenschappen van de DOT: in hoeverre blijft de thermische homogeniteit van de omringende lucht gehandhaafd?

Uitgebreide temperatuurmetingen op alle kritische plaatsen zijn gepland in combinatie met meteorologische gegevens. Mogelijk komen hieruit nog verdere verbeteringen voort.

Met name voor zonnetelescopie is het DOT-principe bijzonder interessant omdat het mogelijkheden biedt voor een grotere klasse telescopen. Nog steeds wordt overwegend gebruik gemaakt van vacuümsystemen om de temperatuurvariaties in de lucht de baas te zijn. Een hoogwaardig afsluitvenster moet dan de luchtdruk weerstaan en moet tevens aan hoge optische eisen voldoen. In verband met de mogelijkheden voor vervaardiging van zo'n venster is de grens voor dit type telescoop wel bereikt bij 1 m diameter. Het principe van de DOT kan dan uitkomst bieden...

Auteursnoot

Felix Bettonvil en Rob Hammerschlag zijn werkzaam bij het Sterrekundig Instituut Utrecht van de Universiteit Utrecht. Meer en actuele informatie over de DOT is te vinden op WWW: <http://www.fys.ruu.nl/~rutten/dot>

Monolithisch teleoptisch systeem (2)

Optiek uit één stuk

Harrie Rutten, Bart Postema, Rik ter Horst In het eerste deel [10] werd aandacht besteed aan de opbouw van teleoptische systemen. Er werd een vergelijking gemaakt met een monolithisch objectief. In dit artikel zal worden ingegaan op het ontwikkelings- en vervaardigingstraject van een uniek stukje optiek.

De in het eerste deel behandelde aspecten die een compacte bouw van teleobjectieven in de weg staan, hebben de firma Opticon ertoe bewogen de ontwikkeling te starten van een monolithisch teleoptisch systeem. Monolithisch is afgeleid van 'mono' en 'lythos' oftewel één stuk. Monolithisch wil dus zeggen dat het hele optische systeem bestaat uit één stuk materiaal en niet, zoals in deel 1 werd beschreven, uit verscheidene losse of gekitte elementen. Met gewone sferische (=exact bolvormige) lensvlakken is dit niet mogelijk. Het zou een gewone enkelvoudige lens worden. Er zijn dan te weinig vrijheidsgraden om de afbeeldingsfouten te corrigeren. De afbeeldingsfouten die ontstaan zijn een monochromatische onscherpte in het midden van het gezichtsveld (de grootte van de afbeelding). Deze onscherpte zet zich voort over het hele gezichtsveld. Dan is er nog een monochromatische onscherpte die buiten de as optreedt en met toenemende afstand vanaf het midden van het gezichtsveld steeds groter wordt. Daar bovenop komen nog chromatische scherptefouten. Deze zijn bij een enkelvoudige lens onder zeer speciale voorwaarden te corrigeren: een sterk negatieve meniscuslens. Echter, een negatieve lens vormt geen beeld dat kan worden vastgelegd.

Als afgeweken wordt van de zuiver bolvormige vorm maar gekozen wordt voor een asferische vorm, is het mogelijk een monolithisch optisch element te

ontwerpen. Voorwaarde voor een goede werking is dat dit dan bij één golflengte benut wordt. De meest bekende toepassing van zo'n element is het objectiefje dat zit in de leeskop van een CD-speler.

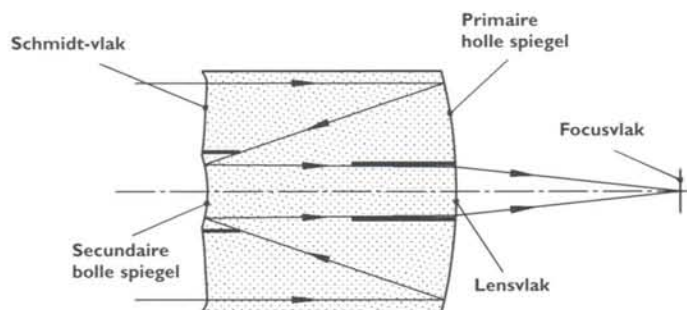
Bij systemen die een breed spectrum hebben, bijvoorbeeld het hele zichtbare licht, is dit dus onmogelijk. Bovendien is het gezichtsveld ook veel groter dan dat van een CD-leeskopje. Door echter gebruik te maken van een combinatie van asferische vlakken zijn er evenwel oplossingen mogelijk.

De firma Opticon heeft reeds goede ervaringen met long-distance microscopen volgens het Schmidt-Cassegrain-systeem [1], [2], [3]. Deze systemen bevatten sterke asferische lensvlakken. De toepassing van deze vlakken geeft ongekende mogelijkheden omdat met een enkel lensvlak zeer grote correcties van afbeeldingsfouten mogelijk zijn. Opticon heeft niet alleen ervaring met het gebruik van deze asferische vlakken, zij heeft ook technieken ontwikkeld om deze op een prijstechnisch verantwoorde manier te fabriceren. Zelfs tot afmetingen van meer dan 250 mm lensdiameter! Reden voldoende de mogelijkheden van een monolithisch ontwerp te onderzoeken.

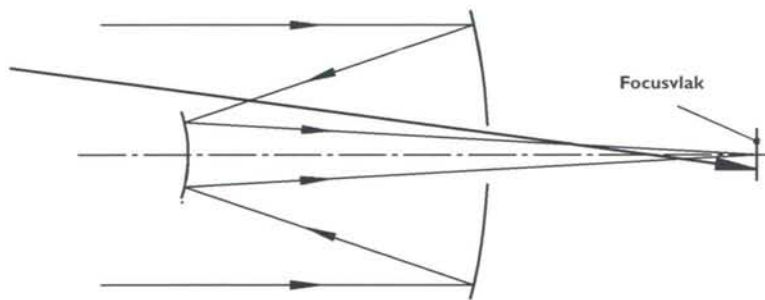
Wat is het monolithisch ontwerp?

Na een zeer uitvoerig onderzoek is Opticon erin geslaagd om de drie belangrijkste optisch werkzame vlakken van een Schmidt-Cassegrain systeem: Het Schmidt-vlak, de primaire sferische holle spiegel en het secundaire asferische bolle spiegeltje in één blok glas te genereren. Daarbij bleef nog de mogelijkheid open om een vierde optisch werkzaam vlak te gebruiken. Deze combinatie bleek uiteindelijk een resultaat te geven waarmee een hoge afbeeldingskwaliteit haalbaar is. De doorsnede van het optische systeem van de monoliet is weergegeven in figuur 1.

Figuur 1. Optische uitvoering van het monolithisch tele-objectief.

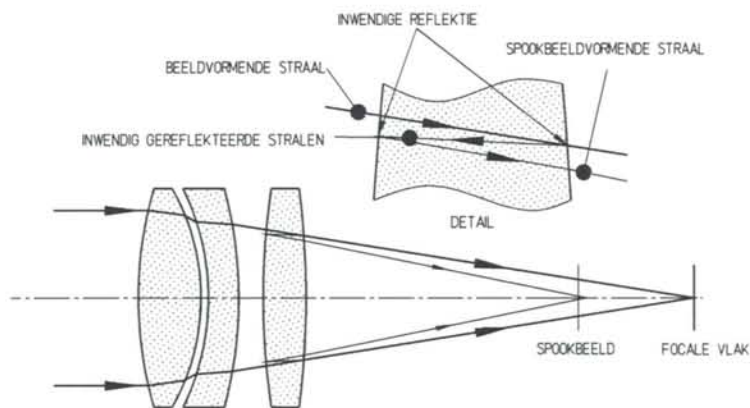


Monolithisch teleoptisch systeem (2)



Figuur 2.
Dagblindheid van
een twee spiegel
systeem.

In referentie [3] is duidelijk dat bij het gebruik van een twee-spiegelsysteem dagblindheid kan ontstaan. Dagblindheid wil zeggen dat licht dat niet deelneemt aan de beeldvorming, toch het vlak kan bereiken waar zich de afbeelding bevindt. Dit is weergegeven in figuur 2. Dit dient niet verward te



Figuur 3. Het ontstaan van inwendige reflecties en spookbeelden.

worden met spookbeelden die in conventionele optische systemen kunnen ontstaan ten gevolge van inwendige reflecties aan optische componenten zoals weergegeven in figuur 3. In niet-monolithisch systemen, dus de klassieke uitvoering, wordt de (lucht)ruimte die zich tussen de beide spiegels bevindt gebruikt voor het aanbrengen van dagblindbuizen ook wel baffles genaamd. In een monolithisch ontwerp is dat natuurlijk niet mogelijk. Ook zou het uiterst kostbaar worden om een samengesteld ontwerp te maken uitsluitend om deze essentiële hulpmiddelen in te bouwen. Dat zou het paard achter de wagen spannen zijn. De oplossing van dit probleem is even geniaal als eenvoudig. Het is mogelijk om in het glasblok ringvormige gaten te boren. Deze worden gevuld met een zwarte lak. Zo ontstaan in het monolithisch blok als het ware de dagblindbuizen.

Opbouw

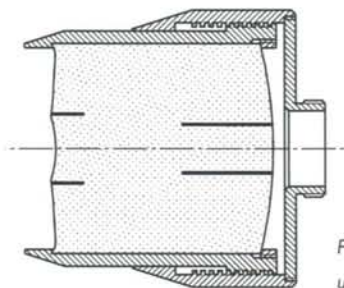
Door het monolithisch optische element wordt de mechanische opbouw van dit teleobjectief uiterst eenvoudig. Het bestaat slechts uit enkele elementen: het aansluitstuk voor op de videocamera dat tevens de aansluiting voor het huis is, het huis zelf, een schuifbuis waarin het optisch element zit, een opsluitring en een focusseerring. Totaal dus slechts vier onderdelen. Dit vermeerderd met de optische component (enkelvoud dus) op vijf!

Vervaardiging van samengestelde objectieven

Bij de fabricage van samengestelde objectieven worden de componenten in grote series vervaardigd. Dit geldt zowel voor de mechanische als de optische delen.

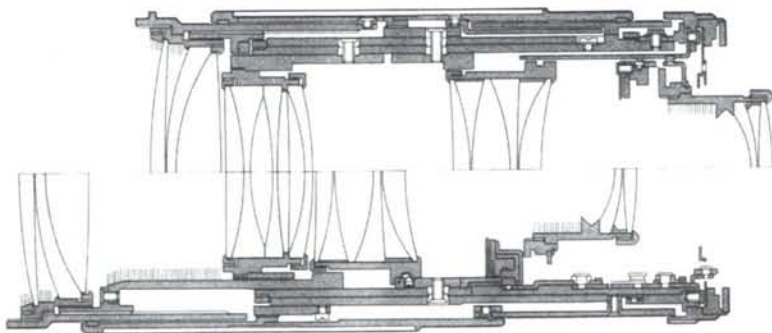
Vervolgens worden deze delen samengebouwd tot het uiteindelijke objectief en wordt in de eindcontrole bepaald of het systeem aan de gestelde eisen voldoet. Correctie is niet meer mogelijk, met uitzondering van de aanslag die geldt bij de focusseering op afstand oneindig.

Bij de fabricage van zeer hoogwaardige objectieven is de hierboven beschreven vervaardigingsmethode echter niet mogelijk. Als op dezelfde wijze geproduceerd zou worden dan zijn de toelaatbare toleranties van de afzonderlijke componenten zo klein dat deze onbetaalbaar zouden worden. Dankzij de sterk verbeterde meettechnieken en snel rekentuig is een andere methode mogelijk. Daarbij wordt elke optische component exact doorgemeten op diameter, kromtestralen, middendikte en wigvorm. Ook worden alle mechanische onderdelen zoals afstandringen, vattingen, zittingen, etc. exact opgemeten. Uit een analyse bij het ontwerpen van het objectief is bepaald welke optische fouten de mechanische afwijkingen van lenzen en afstanden



Figuur 4. De mechanische uitvoering van het monolithisch teleobjectief.

Monolithisch teleoptisch systeem (2)



Figuur 5. De mechanische complexiteit van een samengesteld objectief. In dit geval een objectief met variabele brandpuntsafstand. (Uit: "Applied Photographic Optics"; Sidney F. Ray, Focal Press 1988)

onderling tot gevolg hebben. Op deze manier is het mogelijk dusdanige combinaties samen te stellen dat de eindkwaliteit van zo'n samengesteld objectief op een hoog niveau komt. Het nadeel van deze methode, naast de hoge kosten van het meten van de optische en mechanische componenten, is de routing. Er is een zeer goede logistieke coördinatie nodig om er zeker van te zijn dat niet de verkeerde combinaties in elkaar gezet worden. Dan wordt exact het tegenovergestelde van het gewenste resultaat bereikt. Hoe complex een samengesteld objectief er uit kan zien geeft figuur 5 aan, in dit geval een zoomobjectief waarin componenten onderling ook nog verschuifbaar moeten zijn.

Vervaardiging van een monoliet

In figuur 6 is de monoliet afgebeeld naast een balpen. Bij een monoliet is de methode zoals beschreven bij de vervaardiging van samengestelde objectie-

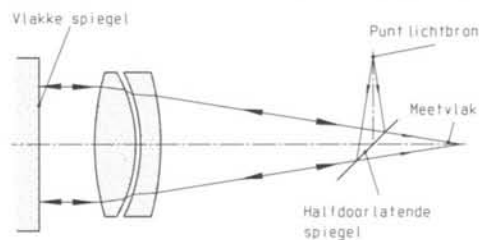
Figuur 6. De monoliet. Dit "ene blokje glas" is een compleet optisch systeem met vier optisch werkzame vlakken: twee sferen, één asfeer en één Schmidt-vlak. Hier afgebeeld naast een balpen.



ven niet toepasbaar om de eenvoudige reden dat het hele optische systeem slechts uit één component bestaat. Dat betekent niet dat er dan geen problemen zijn. Integendeel, het houdt in dat er speciale aandacht nodig is bij de fabricage van elk optisch werkzaam vlak en de mechanische geometrie van de monoliet. De realisatie van het monolithische teleob-

Auto-collimatie-opstelling

Bij een opstelling wordt de te testen optiek tegen een vlakke spiegel getest. Hierbij wordt in het brandpunt van de optiek een target gezet, meestal een puntbron. Via een half doorlatende spiegel wordt door het objectief een evenwijdige bundel gevormd. Deze wordt door de spiegel gereflecteerd en gaat weer terug door het objectief. Het passeert weer de half doorlatende spiegel. De

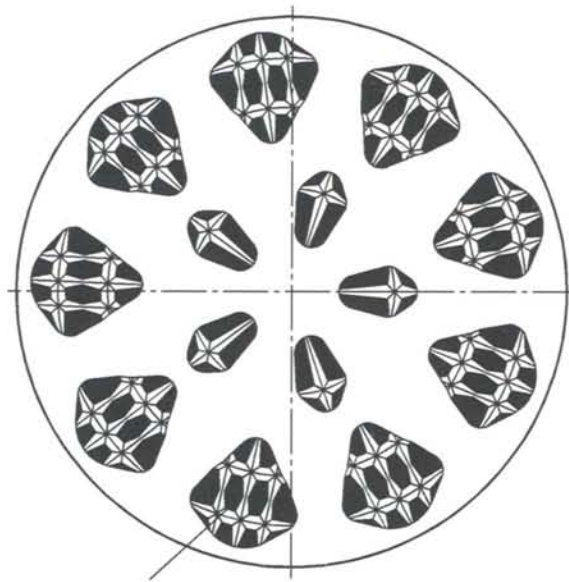


afbeelding die dan ontstaat wordt met een microscoop bekeken. Indien de afbeelding van het objectief perfect is, ontstaat ook een perfect evenwijdige bundel en ontstaat eveneens weer een perfecte afbeelding. Is dat niet het geval dan verdubbelt de fout. Omdat het objectief twee keer mee doet in de projectie wordt deze afwijking versterkt zichtbaar in het gezichtsveld van de microscoop. Op deze wijze zijn reeds zeer kleine fouten – afwijkingen in het golfvront van $1/10$ golflengte – in de afbeelding onmiddellijk zichtbaar. Met speciale gereedschappen zijn nog betere resultaten mogelijk.

jectief is een complex vervaardigingsproces. Immers, dat enige optische element bezit maar liefst vier optisch werkzame vlakken die twee aan twee aan één zijde van het glaslichaam zitten. Deze zijn: aan de voorzijde een (asferisch) Schmidt-vlak met in het midden een asferisch secundaire spiegeltje en aan de achterzijde de sferische primaire spiegel en in het midden een sferisch correctielensvlakje.

Kwaliteit van het glas

Het systeem is vervaardigd uit een optisch glas met een zeer hoge kwaliteit. Dit is nodig omdat het licht drie keer door hetzelfde stuk glas beweegt. Van hoge kwaliteit wil in dit geval zeggen dat het glas is met een hoge zuiverheid, homogeniteit en zonder belletjes. Glas met een lage homogeniteit uit zich door de aanwezigheid van slieren. In de slieren is de brekingsindex van het glas anders dan in de directe omgeving. Slechts



Figuur 7. Slijppads voor slijpen van de asferische Schmidt-vorm.

SLIJP/POLIJST PADS

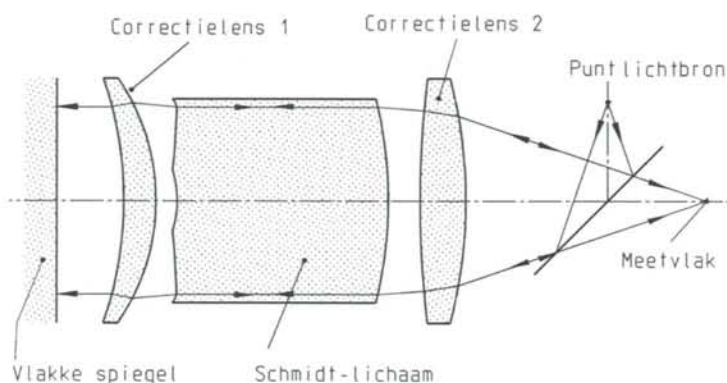
zeer kleine variaties in de brekingsindex zijn toelaatbaar. Bij een hoge kwaliteit glas is de variatie $0,000002$ ($2 \cdot 10^{-6}$). Kleine afwijkingen in de absolute waarde van de brekingsindex kunnen echter met een extra optimalisatie van de vorm gecorrigeerd worden.

Ook is het aantal belletjes dat in het glas mag voorkomen gering omdat de afmetingen van met name de secundaire spiegel gering zijn. Bij een glas met een hoge zogenaamde belletjeskwaliteit is $0,05$ mm de maximale waarde waarmee wordt gewerkt. Er wordt dan gewerkt met een maximum oppervlak van $0,03$ tot $0,1$ mm² per 100 cm³ glas.

Figuur 8. Het principe van de meetopstelling waarbij de kwaliteit van het Schmidt-vlak wordt gecontroleerd.

Fabricage van het optische element

De werkvolgorde is als volgt. Allereerst wordt een glazen cilinder vervaardigd. Hierin worden de optisch werkzame vlakken voorbereid. Dit zijn het bijna platte Schmidt-vlak en de gekromde primaire spiegel die wordt voorgefreest. Voordat

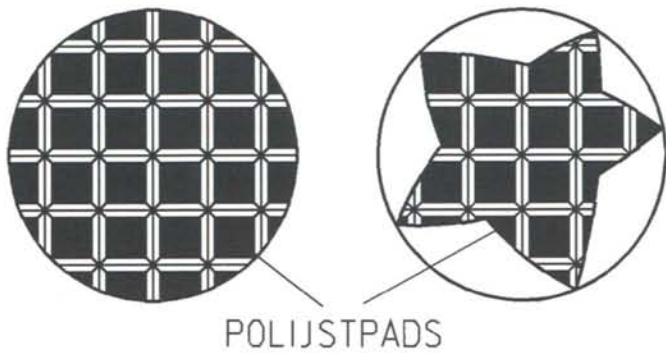


deze worden fijngeslepen en gepolijst, worden eerst de boringen aangebracht die dienen als dagblindbuizen. De reden om dit helemaal in het begin te doen, is het voorkomen dat eventuele restspanningen in het glas de vorm scheluw trekken, ofschoon dit bij een glas van hoge kwaliteit erg zelden voorkomt. Elk risico dient echter uitgesloten te worden.

Nadat de boringen zijn opgevuld met een vulmiddel, dat weer gemakkelijk te verwijderen is zonder sporen achter te laten, wordt één zijde perfect vlak fijngeslepen en gepolijst en van de achterzijde wordt de bolle vorm fijngeslepen en vervolgens gepolijst. De sferische vorm wordt binnen zeer enge toleranties gehouden qua kromtestraal en bolvorm. Deze laatste dient binnen $1/10$ golflengte van het licht te blijven. Ook wordt de wigvorm van de dikke lens binnen zeer enge toleranties aangehouden. Elke wigfout zou tot gevolg hebben dat het element een prismawerking krijgt. Dit heeft tot gevolg dat er een aantal monochromatische afbeeldingsfouten ontstaan, met name een asymmetrische kleurschifting. Vervolgens wordt aan de voorzijde in het vlakke deel door middel van speciale gereedschappen de asferische vorm eerst geslepen en later gepolijst. Deze vorm is zeer sterk asferisch. De afwijking van het vlak ten opzicht van een planvlak is vele tientallen micrometers. Om een strakke vorm te krijgen - die is essentieel voor een goede scherpte en vooral contrastoverdracht - zijn diverse gereedschappen nodig. De methode die wordt toegepast is met speciale slijppads zoals figuur 7 laat die zien. De vorm die hier opgevoerd is, is één van de vele stappen.

Als de vorm op basis van ervaring en metingen is geslepen, wordt het oppervlak gepolijst. Door zijn sterke asferische vorm kan dit niet met één pad maar worden ook weer verschillende speciaal gevormde polijstpaden gebruikt. Het heeft heel wat "trial and error" gekost voordat voldoende ervaring was opgebouwd om het vlak binnen de gestelde eisen te krijgen. De vorm dient ook weer binnen circa $1/10$ golflengte van de theoretische vorm te blijven.

De meetmethode die hiervoor gebruikt wordt is een optische meetmethode. In een speciale hulppoptiek wordt een kijkertje gevormd dat in een autocollimator (zie kader 1) opstelling past. Elke afwijking van de Schmidt-vorm wordt onmiddellijk



Figuur 9. Polijst pads voor het polijsten van sferische vlakken (links) en asferische vlakken (rechts).

geconstateerd. De opstelling van het Schmidt-lichaam en de correctielensjes is weergegeven in figuur 8. Mochten er correcties nodig zijn dan kan dat heel gemakkelijk en snel gecontroleerd worden. Is uiteindelijk het Schmidt-vlak binnen de gestelde toleranties vervaardigd, dan worden de beide vlakken met een lak afgedekt om beschadiging tijdens het aanbrengen van het secundaire spiegeltje en het correctielensvlakje te voorkomen.

Nu wordt het secundaire spiegeltje voorgefreest, fijngeslepen en gepolijst. Vervolgens wordt het vlakje exact sferisch gepolijst. Dit gebeurt met een gewone, volvlakspolijstpad, zie figuur 9. Daarna wordt, ook weer met speciale polijst pads, de asfe-

rische vorm aangebracht. Deze is eveneens in figuur 9 te zien. Daarbij moet de lezer zich realiseren dat het hier gaat om een spiegeltje van 5 tot 12 mm diameter, afhankelijk van de grootte van het monolithisch objectief! Ook dit spiegeltje wordt in een speciale opstelling doorgemeten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde Dall-Null-test (zie kader 2). Heel belangrijk bij het aanbrengen van deze spiegel is natuurlijk het samenvallen van de optische as van de Schmidt-vorm met die van het spiegeltje. Justermogelijkheden zijn er niet. Tijdens het slijpen en polijsten is dat dan ook een voortdurend punt van aandacht en zorg. Nadat het spiegeltje binnen de gestelde toleranties is vervaardigd, in dit geval binnen $\frac{1}{4}$ golflengte van zijn theoretische vorm, wordt ook dit vlak weer afgedekt met een lak.

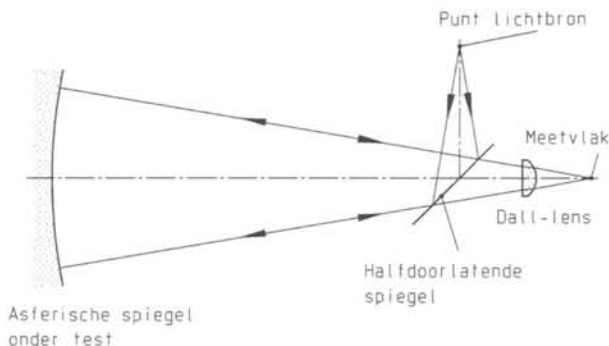
Nu is het vierde en laatste optische vlak van dit ene blok glas aan de beurt. Dit vlak wordt gebruikt om het beeldvlak vlakker te maken. Allereerst wordt de vorm gefreesd en vervolgens fijngeslepen en gepolijst. Ook hier geldt dat hieraan dezelfde aandacht besteed moet worden als bij het secundaire spiegeltje in het Schmidt-vlak. Ook dit lensvlakje mag geen wigfout vertonen met de overige vlakken.

Figuur 10. Het monolithisch teleobjectief geplaatst op een miniatuur CCD-camera.



De Dall-Null test

Bij de Dall-Null test wordt een puntbron in het kromtemiddelpunt van een holle asferische spiegel geplaatst. Het licht wordt naar de spiegel geprojecteerd door een halfdoorlatende spiegel. Indien de spiegel perfect sferisch zou zijn, zou het licht weer exact in één punt verenigd worden. Is de spiegel asferisch, dan is dat niet het geval. Door een speciale lens te ontwerpen, de Dall-Null lens, die in het con-



vergerende deel van de teruggekaatste bundel wordt geplaatst, kan het verenigen tot een punt weer bereikt worden. Elke afwijking van de asferische vorm vertoont dan een afwijking van de exacte stralenvereniging. "Null" slaat op de methode: net zolang te polijsten totdat de goede vorm bereikt wordt. Is dat het geval, dan is de afwijking in het door de spiegel geprojecteerde 'brandpunt' nul.

Als dit vlak gereed is worden de laklagen verwijderd en het opvulmiddel uit de dagblindbuisboringen verwijderd. Vervolgens worden de bolle achterzijde en het secundaire spiegeltje voorzien van een spiegellaag. In principe is het optische systeem nu klaar. De hele optiek wordt nu wederom in autocollimatie gezet en gecontroleerd of de afbeeldingskwaliteit binnen de toleranties valt. Is dit het geval dan worden het Schmidt-vlak en het lensvlakje voorzien van een antireflex-coating. Is dit niet het geval dan is het mogelijk door middel van een lokale retouche aan het oppervlak van het secundaire spiegeltje alle restfouten weg te werken. Tot slot worden de dagblindbuisboringen voorzien van een zwarte lak en is het optisch systeem gereed. Dit wordt nu in de vating gezet opdat het systeem ook gefocuseerd kan worden voor eindige afstanden afhankelijk van het fabrikaat van de videocamera waar deze op wordt aangesloten. Figuur 10 toont een objectief dat aangesloten is op een miniatuur CCD-camera. Ofschoon het op de foto lijkt alsof het een gigantisch objectief is valt aan de schroefjes aan de zijkant af te leiden dat de afmetingen zeer beperkt zijn.

Toepassing

De basistoepassing voor deze nieuwe optische systemen is het gebruik in de bewaking en beveiliging. De bedoeling was een klein compact teleobjectief te ontwikkelen dat niet opvalt, bijvoorbeeld bij bewakingstoepassingen, of een kleine massa-traagheid moet bezitten in dynamische toepassingen, bijvoorbeeld als inspectie-objectief. Bij conventionele systemen was de bouwlengthe nog altijd groot. Voor objectieven met een brandpuntsafstand van bijvoorbeeld 400 mm was het nog altijd een bouwlengthe van circa 250 mm. Door gebruik te maken van het Schmidt-Cassegrain systeem kon de bouwlengthe gereduceerd worden tot circa 80 mm. Dit is nog steeds een behoorlijke maat. De ontwikkeling werd een andere richting gegeven door te kiezen voor een monolithisch ontwerp. Hierdoor kon de bouwlengthe teruggebracht worden tot zelfs circa 40 mm! Dat is slechts $\frac{1}{10}$ van de brandpuntsafstand.

Tot besluit

Met een knap staaltje vakmanschap is de firma Opticon erin geslaagd een monolithisch ontwerp te maken van een complex optisch ontwerp. Het is daarmee uniek in de wereld. Het getuigt van beheersing van het vak om aan één blok glas vier optisch verschillende vlakken aan te brengen waarbij het risico voor prismawerking zelfs drie keer aanwezig is. Het hier beschreven ontwerp was het prototype. Intussen is het ontwerp enigszins gewijzigd waardoor de optische kwaliteit nog kon worden verbeterd.

Auteursnoot

R. ter Horst en B. Postema zijn werkzaam bij Opticon te Groningen. R. ter Horst is de ontwerper van het optisch systeem en ontwikkelaar van de fabricagetechniek voor het Schmidt-vlak. B. Postma is verantwoordelijk voor de overige fabricage- en bewerkingstechnieken van het in dit artikel beschreven monolithisch teleobjectief. Het optisch systeem werd ontworpen met de software behorende bij het boek "Telescope Optics". Opticon vervaardigt, naast het in dit artikel beschreven staaltje van vakmanschap, ook hoge kwaliteits amateur-telescopen, semi-professionele telescopen, long-distance microscopen, speciale- en precisie-optiek, enkelstuks en kleine series.

Literatuur

- [1] H.G.J. Rutten; Ongekend hoge afbeeldingskwaliteit: De Schmidt-optiek. Mikroniek 34 (1994) 2.
- [2] H.G.J. Rutten; Optica op basis van een telescoop: Long-distance microscoop. Mikroniek 34 (1994) 3.
- [3] R. ter Horst, B. Postema, H. Rutten; Een long-distance microscoop van Nederlands fabrikaat. Mikroniek 34 (1994) 4.
- [4] H.G.J. Rutten, M.A.M. van Venrooij, Telescope Optics, Evaluation and Design.. Willmann Bell inc. 1988 p. 71.
- [6] R. Schorr, Das B. Schmidtsche Verfahren bei der Herstellung der Korrektionsplatte für Komafreie Spiegel. Zeitschrift für Instrumentkunde 56 (1936) p. 336.
- [7] Lens Design Fundamentals R. Kingslake; Academic Press 1987, p. 55.
- [8] Spiegeloptik; K. Wenske; Verlag Dr. Vehrenberg 1978, p 90, p. 131.
- [9] H.E. Dall; A null Test., ATM book 3, Scientific American, p. 149.
- [10] H. Rutten, B. Postema, R. ter Horst, Monolythisch Optisch systeem (1), Mikroniek 37 (1997)5, p. 104



M e v i
FIJNMECHANISCHE
INDUSTRIE

CO-MAKERSHIP in:

- Precisie
- Prototypen
- Mechatronica
- Machinebouw

Voor meer info:
<http://www.mevi.com>

Postbus 238, 5700 AE Helmond, Weth. den Oudenstraat 1, 5706 ST Helmond
Telefoon +31 492 53 86 15, Fax +31 492 53 87 35, E-mail info@mevi.com

Van Wetenschap naar Ambacht

Afscheidscollege Prof.dr.ir. A.C.H. van der Wolf, Technische Universiteit Eindhoven op 31 oktober 1997

Prof.dr.ir. A.C.H. van der Wolf Ongeveer zesentwintig jaar geleden - om precies te zijn op 12 november 1971 - stond ik ook op deze plek en sprak een rede [1] uit bij de aanvaarding van mijn ambt als gewoon hoogleraar aan deze universiteit. Mijn leeropdracht betrof de werktuigkundige aspecten van de werkplaatstechniek. De intreerede begint met een geschiedkundige beschrijving van de ontwikkeling van productiewerktuigen. Via namen als Giovanni De'Dondi, Leonardo da Vinci, John Wilkinson, Henry Maudslay en Joseph Whitworth leidt dit naar de Delftse hoogleraar Van der Kloes [2]. Hij deed in 1908 een opmerkelijke uitspraak over mijn vakgebied: de gereedschapswerktuigen in een mechanische werkplaats.



Prof. Toon van der Wolf

Van der Kloes stelde dat de invoering ervan wellicht de algemene welvaart verhoogd had, maar zeker geen bijdrage had geleverd aan de veredeling van het ambacht van de metaalarbeiders. U begrijpt het waarschijnlijk al: ik gebruikte deze uitspraak van een collega om het belang van onderzoek aan gereedschapswerktuigen aan te tonen en vooral ook om de rol van de technologische wetenschap hierbij te belichten.

De intreerede schetst als ideale situatie een werkplaats waarbij een productiemiddel uitgaande van een geschikt gekozen ruw materiaal - de "blank" - en voorzien van de nodige informatie geheel zelfstandig een eindproduct met bepaalde afmetingen en toleranties aflevert. Ik ging hierbij uit van het feit dat het bereiken van deze situatie bemoeilijkt wordt door het ontbreken van fundamenteel inzicht in de omsluitende grenzen van proces en werktuig: de "constraints". Het technologisch proces verspanen, bijvoorbeeld, verwijdert vormelementen van de blank. Er is in de werktuigbouwkunde nauwelijks iets te vinden dat thermisch en mechanisch zo hoog belast wordt als de beitel die opgespannen op een gereedschapswerktuig dit verspaningsproces daadwerkelijk uitvoert. Een in wetenschappelijk opzicht interessante vraag is of de constructie van een dergelijk werktuig optimaal geschikt is voor deze belasting.

Daarnaast komt ook de beschrijving van het verspaningsproces zelf - met aandacht voor zaken als

spaanecquivalent en standtijd van het gereedschap - in mijn intreerede aan de orde. Tenslotte - en daar was ik wat vaag over, maar hoe kon het ook anders 26 jaar geleden - vroeg ik aandacht voor de manier van toediening en de dosering van informatie aan het aan zichzelf overgelaten systeem werktuig-proces.

Al deze zaken leken mij toen - maar ook nu nog - de moeite van wetenschappelijk onderzoek meer dan waard. Ik had de intreerede de titel "Van ambacht naar wetenschap" meegegeven. Het beeld van de wetenschappelijk onderzoeker die in een universitaire omgeving werkt aan de oplossing van fundamentele technologische problemen die voor de industrie van belang zijn, trok mij zeer aan. Bovendien paste de titel goed in de familielijn. Mijn grootvader was smid bij Wilton's Machinefabriek en Scheepswerf te Rotterdam en mijn vader was chef van de werkplaats van het Gemeentelijk Gasbedrijf in Breda. Ik ben dan ook met mijn groep enthousiast aan de geschetste problemen van het vakgebied gaan werken.

In dit afscheidscollege wil ik u allereerst enkele hoogtepunten van onderzoek en ontwikkeling uit de afgelopen periode voorschotelen. Vervolgens ga ik op een algemene wijze in op de waarde en de verschijningswijze van wetenschappelijk onderzoek. Het college eindigt met enkele observaties over het proces van kennistransfer dat zich tussen een technische universiteit en de industriële maatschappij afspeelt.

**De weg van wetenschap naar
ambacht zal gerenoveerd en
opnieuw bestraat moeten worden.**

Maar eerst nog even dit: natuurlijk heb ik ook voor dit afscheidscollege een titel bedacht. En die is mede ingegeven door de op dit moment vaak gehoorde twijfel aan het nut van wetenschappelijk onderzoek. Het meest cru wordt deze twijfel verwoord door Nico Dijkstra in een artikel in *Intermediair* van 13 februari 1997 [3]: Universiteiten schrijven en onderzoeken zich suf, maar ondernemingen kunnen er niets mee. Het zou toch jammer zijn als dit echt waar was! Derhalve heb ik dit college de titel "Van wetenschap naar ambacht" meegegeven. De inversie van mijn intreedetitel lijkt mij passend. Het onderwerp heeft mij ook vooral in het laatste deel van mijn loopbaan aan deze universiteit zeer beziggehouden.

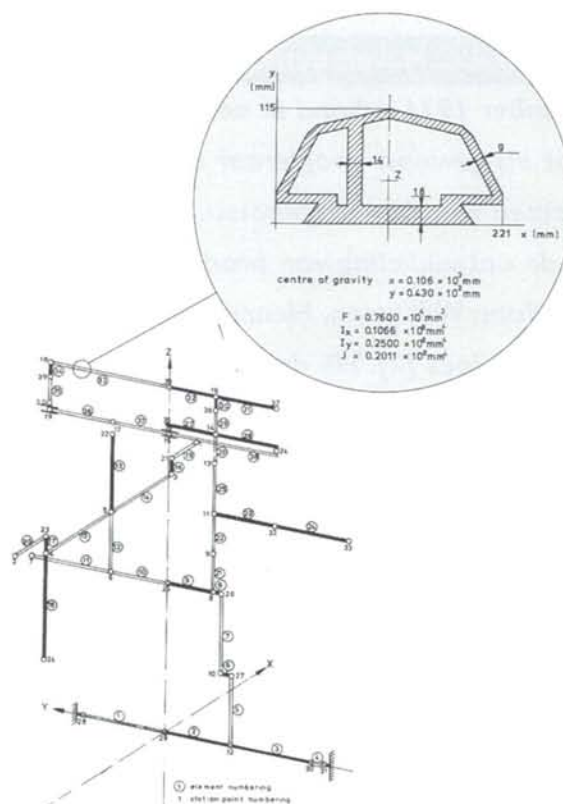
Het verrichte onderzoek

In het toegemeten tijdsbestek kan ik u slechts een impressie geven van het in mijn groep verrichte onderzoek. Ik heb daarvoor de volgende thema's geselecteerd:

- onderzoek naar het statisch en dynamisch gedrag van werktuig en gereedschap,
- het verspaningsproces als koppeling tussen werktuig en product,
- integratie van ontwerpen en produceren,
- de Flexibele Assemblage- en LasCel (FALC),
- industriële projecten: het werken in het UTI-IPPV/Mechatronica.

Gedrag van het werktuig en het gereedschap

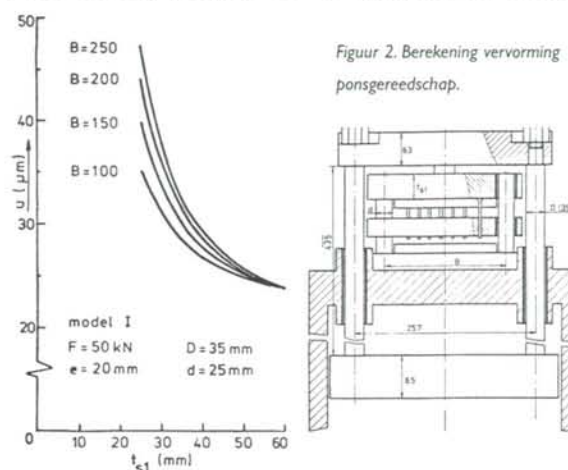
Het gedrag van het werktuig onder belasting bepaalt voor een groot deel de geometrische nauwkeurigheid van een product dat met dat werktuig wordt vervaardigd. Voor het onderzoek naar dat gedrag was in de jaren zeventig de eindige-elementenmethode reeds beschikbaar [4]. Van een werktuig – bijvoorbeeld een freesbank – werd een balkmodel gemaakt (figuur 1), waarbij de eigenschappen van een balk uit de werkelijke doorsnede van het betreffende freesbankelement werden gehaald. Na correctie van enkele verbindelementen kon een redelijk beeld van het statisch gedrag van de machine worden verkregen. Wat het dynamisch gedrag betreft, leverde de gevolgde methode wel de eigenfrequenties van de constructie op, maar de modale soepelheden konden hiermee slechts onnauwkeurig worden vastgesteld. Dit was vooral te wijten aan het gebrek aan inzicht in de dempingsparameters tussen



Figuur 1. Rekenmodel freesbank.

de onderdelen van de constructie. De dissertatie van Van Heck [5] heeft laten zien hoe gecompliceerd en lastig deze materie is.

Voor gedrongen constructies, zoals persen waarop een ponsgereedschap is gemonteerd, werkte de methode – mits met enige voorzichtigheid toegepast – eveneens [6]. Zij verschaft de mogelijkheid om de invloed van een aantal proces- en gereedschapsparameters op de vervorming van een ponsgereedschap te berekenen. In figuur 2 is de maximale horizontale



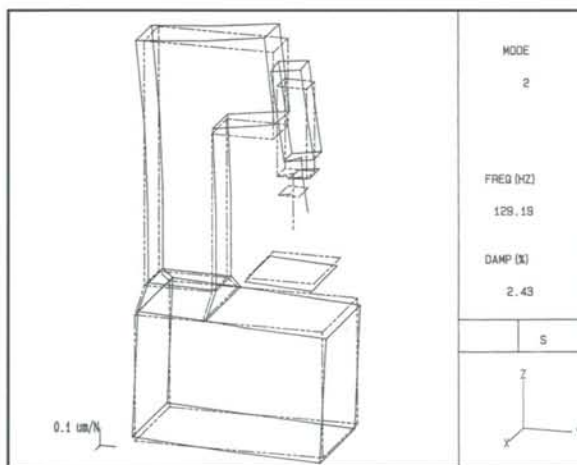
Figuur 2. Berekening vervorming ponsgereedschap.

afwijking van de snijkant als functie van de bovenplaatdikte t_{s1} weergegeven, waarbij de afstand tussen de geleidepennen B als parameter fungeert. Met behulp van dit soort grafieken is het mogelijk om de belangrijkste factoren die de standtijd van een ponsgereedschap bepalen, op voorhand rekenenderwijs te verkennen.

In de jaren tachtig is er een techniek [7] bijgekomen om met name de dynamische analyse van een werktuig – waar de optredende demping een grote rol speelt – met grote nauwkeurigheid uit te voeren. Bij deze techniek – modale analyse genaamd – wordt op een aantal punten van het werktuig de dynamische overdracht bepaald. Uit deze verzameling overdrachten kan men daarna de eigenfrequenties, de bijbehorende demping en voor ieder meetpunt de bij die frequentie behorende verplaatsing bepalen. Als totaalresultaat krijgt men dan bij

De wetenschappers gaan steeds verder met hun specialisatie en raken daarbij het zicht op het geheel kwijt.

Figuur 3.
Modale analyse vank-
erosiemachine.



iedere eigenfrequentie een beeld van de dynamische verplaatsing, oftewel de 'mode' van de constructie. Figuur 3 toont het resultaat van een door mijn medewerker Hijink in die tijd uitgevoerd experiment. Het betreft de analyse van een eigenfrequentie van een vonkerosiemachine. Zonder veel moeite krijgt men de beschikking over alle relevante dynamische parameters.

De geschetste technieken op zich zijn nog steeds belangrijk om het gedrag van het productiemiddel te voorspellen en zo de afwijkingen in geometrie – als hoofdbronnen voor de onnauwkeurigheid van het product – te beheersen. Nu echter vrijwel alle meet-

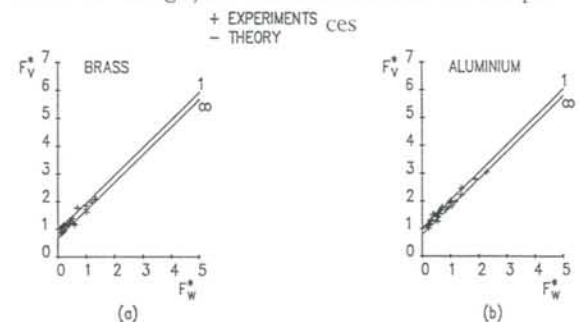
en productiewerktuigen numeriek bestuurd hun bewerkingen uitvoeren, kan deze besturing ook gebruikt worden om de onnauwkeurigheid via de programmatuur te corrigeren. Met de promotie van Theuws in 1991 [8] is hier in modelvorm een belangrijke eerste stap gezet. En ik zie nu met genoegen dat hieraan in de groep van prof. Schellekens nog steeds met succes wordt gewerkt.

Verspaningsproces

Het verspaningsproces dat de verbinding vormt tussen het werktuig en het product in wording, is ook steeds – zij het niet altijd met eerste prioriteit – onderwerp van onderzoek in de groep geweest. In de jaren zeventig betrof het voornamelijk onderzoek naar de rol van het

verspaningsproces bij het optreden van trillingen – "chatter" genaamd – tijdens het bewerken van producten. Huub Kals – toen medewerker in de groep, thans hoogleraar aan de Universiteit Twente – toonde in zijn dissertatie [9] aan dat het verspaningsproces stijfheid en demping toevoegt aan de beitel en het werktuig. Hij introduceerde een methode om deze materiaaleigenschappen te meten en liet op fraaie wijze zien dat vooral de procesdemping grote invloed heeft op de grenssnedebreedte d.w.z. op de minimumwaarde van de breedte van de spaan om geen chatter te laten optreden.

Met de komst van medewerker Dautzenberg in de groep en met de hulp van de helaas veel te vroeg overleden prof. Veenstra is in het begin van de jaren tachtig aangetoond dat toepassing van het minimum-energie-principe een redelijk bruikbare beschrijving van het verspaningsproces oplevert [10]. Hierbij is ervan uitgegaan dat de energie voor de twee belangrijkste deformatiezones van het pro-



Figuur 4. Het verband tussen snijkraft F_v en wrijvingskraft F_w bij fijnverspanen.

beschreven kan worden als functie van de afschuifhoek en de wrijvingskracht op het spaanvlak. Promovendus Lo-A-Foe [11,12] liet in zijn onderzoek naar het fijnverspanen met behulp van diamant als beitelmateriaal zien dat deze theorie ook hier werkt. Mits rekening wordt gehouden met de invloed van krachten op het vrijloopvlak en met die van de reksnelheid op het materiaalgedrag, is de overeenkomst tussen theorie en experiment goed te noemen. Figuur 4, waarin de dimensieloze snijkracht F_v is uitgezet als functie van de dimensieloze wrijvingskracht F_w , laat dit zien. De linker figuur is voor messing als werkstukmateriaal, de rechter voor aluminium.

Integratie ontwerpen en produceren

Met de komst van prof. Van Bragt als deeltijdhoogleeraar in de groep is de belangstelling voor het ontwerpen van productiemiddelen sterk toegenomen. Vooral de integratie van ontwerpen en fabriceren (van onderdelen) van productiewerktuigen kreeg meer aandacht. Voor een goed begrip: je kunt die onderdelen natuurlijk weer gewoon producten noemen. Alleen zijn de productieaantallen hierbij zelden bijster groot. Het IDM-project (Integration of Design and Manufacturing) had het integreren van de geometrische ontwerpfase, de werkvoorbereidingsfase en de fabricagefase van een product in wording als doel. En wel op een zodanige wijze dat reeds in de ont-

werpfase automatisch beoordeeld wordt of het productontwerp op een technisch (en economisch) juiste wijze vervaardigd kan worden. In eerste instantie richtte het onderzoek – dat gestart werd door promovendus Delbressine – zich op verspanende fabricagetechnieken en dus negatieve ontwerpoperaties [13]. Het promotieonderzoek van De Vries in dit gebied [14] voegde daar ook positieve operaties aan toe.

Toleranties en de gevolgen daarvan voor het totale productcreatieproces bleken de belangrijkste aspecten te zijn.

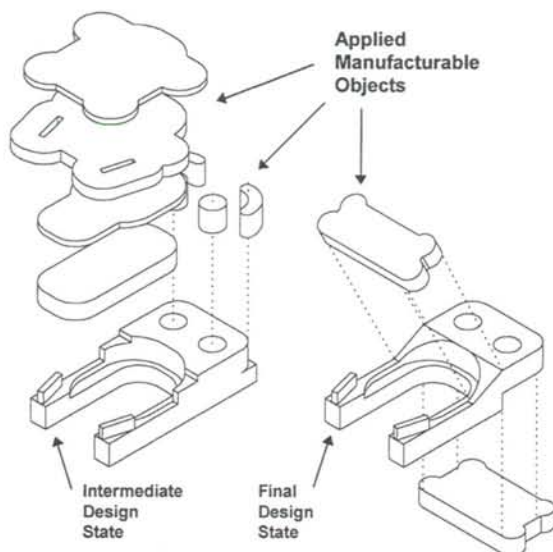
Figuur 5 laat de plaatsing van de z.g. MO's (Manufacturable Objects) in de ontwerpboom van een product zien. De prent demonstreert ook de werking van de methode: de MO's – waarvan op voorhand vaststaat dat ze in vervaardigingszin uitvoerbaar zijn – worden één voor één van het blok uitgangsmateriaal afgetrokken. Dit aftrekken kan bijvoorbeeld door een freesbewerking te laten plaatsvinden. Op deze wijze ontstaat het gewenste product.

Onderzoek heeft aangetoond dat de methode ook anderszins bruikbaar is, bij voorbeeld bij omvormprocessen en bij kostprijsschattingen in de ontwerpfase. Momenteel wordt onderzoek verricht naar de integratie van ontwerpen en fabriceren voor assemblage. U zult begrijpen dat hier de tolerantieopbouw nog veel kritischer is. Van der Net hoopt op dit onderwerp onder leiding van prof. Rooda te promoveren.

In feite beoogt het geschetste onderzoek een bijdrage te leveren aan kennisintensieve ontwerpsystemen. Voor de kennisintensieve industrie, waar we het in Nederland en vooral ook in de regio ZO-Brabant van moeten hebben, blijkt dit onderwerp steeds vaker van belang te zijn. Dat je hiermee ook de stap van wetenschap naar ambacht kunt zetten, toonde Krikhaar [15] goed aan in zijn dissertatie van 1992. Hij creëerde een nieuwe ontwerpaanpak waarin de werkvoorbereiding is opgenomen. Zijn methode, DfMASS genoemd (Design for MASS production), verwijdert ouderwetse procedures, vermijdt tekenin-

Het verder gaan op de weg van superspecialismen lijkt mij zowel voor het onderzoek als het onderwijs aan de universiteit heilloos.

Figuur 5.
Ontwerpboom van een product.



gen en herintroduceert maakbaarheidsoverwegingen in het ontwerpproces. Kleinseriefabricage krijgt daarvoor het karakter en de voordelen van massafabricage. Een negen maanden lange testperiode bij Philips Lighting, waarin meer dan 6000 uren besteed zijn aan het volgens deze aanpak fabriceren van onderdelen, liet reeds een kostenreductie van 11% zien in een omgeving die ook nog moest wennen aan de methode zelf.

Multidisciplinair onderzoek

Het laatste deel van het overzicht van het onderzoek- en ontwikkelingswerk in mijn groep heeft betrekking op zaken die zich in de afgelopen tien jaar hebben afgespeeld. Als ik dit deel kort moet typeren, dan is dat vooral multidisciplinair en industrieel gericht technologisch onderzoek geweest.

Een voorbeeld waarbij de multidisciplinariteit naar voren komt, betreft een in 1987 aan deze universiteit in het kader van het StimuleringsProject INformatica-onderzoek (SPIN) verrichte studie naar een onbemand werkende fabricagecel [16]. Het onderzoek is oorspronkelijk geïnitieerd door prof. Stal. Prof. van Bragt en prof. Kylstra waren nauw bij de uitvoering betrokken; Schrauwen was projectleider. In deze Flexibele Assemblage- en LasCel (FALC) kunnen families van plaatstalen producten worden samengesteld en gelast. De configuratie van de cel bestaat uit een transportsysteem met twee hoofdbanen, een zijbaan en een aantal productdragers (figuur 6). Aan de zijbaan bevinden zich een lasrobot met een zelfstandig besturingssysteem en een

productmanipulator, die door dat deelsysteem bestuurd kan worden. De gehele cel kan door een centrale besturing volgens zogenaamde productie-recepten worden aangestuurd. Hoewel de lassende robot binnen de onbemand werkende cel het meest spectaculair en het meest concreet is, is het onderzoek verder gegaan dan de pure realisatie van de cel.

Tijdens de uitvoering van het programma is kennis verzameld en opgebouwd [17] op het gebied van technologie (automatisch booglassen en sensoren), productiemiddelen (ontwerpen en bouwen van modules, off-line programmering) en besturingen (scenario's en functionele specificaties).

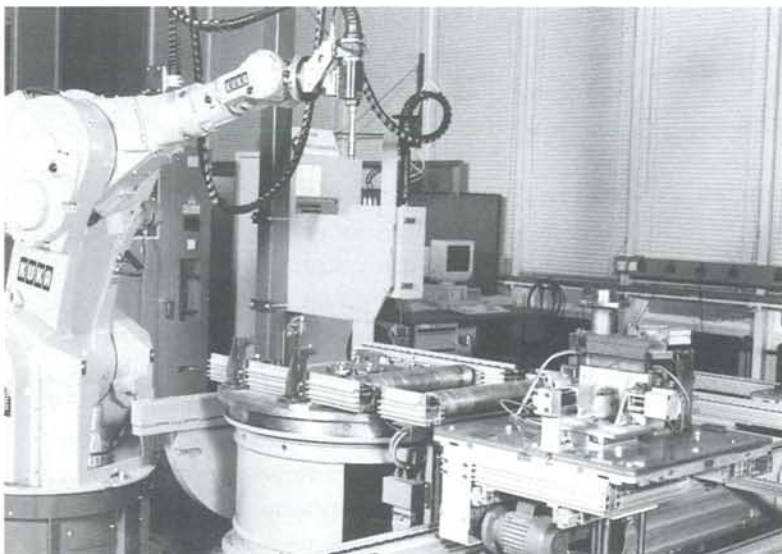
De faculteiten Werktuigbouwkunde en Elektrotechniek – waarbinnen het onderzoek is uitgevoerd – hebben nauw samengewerkt met het TNO-TUE-instituut IPL en het Philips CFT/CAM-Centrum bij het onderzoek naar de machine- en productiebesturingen van de cel. Voor het samenstellen van het productenpakket dat in de cel wordt bewerkt, is samengewerkt met DAF Trucks BV. Op basis hiervan zijn families van producten met een hoge realiteitswaarde voor bewerking in de cel beschikbaar. Tenslotte leverde Philips Lighting substantiële ondersteuning aan het onderzoekprogramma. Hierbij ging het vooral om kennis en programmatuur die nodig is voor het 'computer aided' ontwerpen van de modules van de cel.

Als faciliteit voor zowel onderzoek als kennisoverdracht heeft deze cel een belangrijk intermediair gevormd tussen de opleiding van jonge mensen enerzijds en het integraal oplossen van uit de praktijk komende problemen op het gebied van de productie-automatisering anderzijds. In het door Wielinga samengestelde overzicht [18] van resultaten van de diverse SPIN-programma's kunt u lezen dat het onderzoekprogramma FALC in Eindhoven 4 dissertaties, 99 afstudeerverslagen, 23 publicaties en 31 voordrachten heeft opgeleverd. Ik kan de verleiding niet weerstaan om stil te staan bij deze wapenfeiten!

Industriële projecten

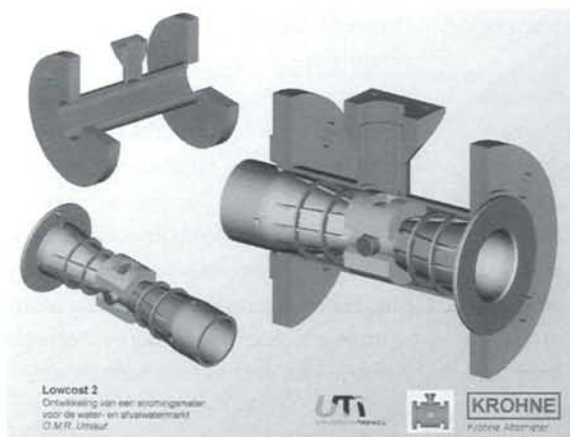
En dan tenslotte iets over het werk van de laatste jaren: het UTI. Eind 1993 besloot het toenmalige College van Bestuur – vooral door de inzet van de rector magnificus Van Lint – het Universitair

Figuur 6.
Flexibele Assemblage-
en LasCel (FALC).



Technologisch Instituut op het gebied van de Integrale Product- en ProductieVernieuwing/Mechatronica op te richten. Het initiatief werd op actieve wijze gesteund door de Kamers van Koophandel en InnovatieCentra in Eindhoven en Venlo en een achttiental bedrijven, voornamelijk uit de regio Eindhoven. Samen met de collega's Schellekens en Vandenput is hoogwaardige technologische kennis multidisciplinair en gericht ingebracht in projecten van en voor de industrie. Tegelijkertijd werd de opleidingscomponent niet vergeten. Afgestudeerden, promovendi en ontwerpers in opleiding namen deel aan deze projecten doordat zij meedraaiden in projectteams. Zij zagen hoe universitaire en industriële deskundigen werken aan een technisch probleem. Bij sollicitaties bleek de opgedane werkervaring binnen een projectteam vaak een pluspunt.

Figuur 7.
Nieuw ontwerp stromingsmeter.



Tientallen projecten zijn inmiddels door het UTI-IPPV/Mechatronica uitgevoerd. Zo is er gewerkt aan slachtrobots voor STORK, aan een beitelslijtage-onderzoek voor Océ, aan het ontwerp van een nieuw productieproces voor tabak voor Douwe Egberts, aan het versnellen van een verpakkingsmachine voor PMB en aan de ontwikkeling van een economisch werkende pompregeling voor STORK Bosman.

Een voorbeeld van een UTI-project dat ik wat meer in detail schets, betreft het nieuwe ontwerp voor een stromingsmeter voor de drinkwater- en afvalwatermarkt van de firma KROHNE te Sliedrecht. Door het toepassen van goedkopere materialen en integratie van onderdelen kon bij dat nieuwe ontwerp in vergelijking met de huidige stromingsmeter een aanzienlijke materiaalkostenreductie worden gerealiseerd

(figuur 7). Zo is de bekleding uitgevoerd als een los onderdeel. Deze bekleding dient niet alleen als isolatie, maar fungeert tevens als drager voor meetelektroden, spoelen en bedrading. Door deze vergaande functie-integratie is de montage aanzienlijk vereenvoudigd en daarmee zijn de bewerkingskosten substantieel verlaagd. Het is ook daarom zo'n aardig voorbeeld, omdat op deze wijze voorkomen kan worden dat de aanmaak van dit type producten naar lage-lonen-landen vertrekt. Slim ontwerpen én verstandig fabriceren en automatiseren vergroten de marges: high-tech hoort bij een hoge-lonen-land.

Nog een zaak waarin het UTI-IPPV/Mechatronica participeert wil ik hier niet onbesproken laten: de deelname aan het Centrum voor Product- en ProductieVernieuwing (CP&P). Het doel is om het MKB in de regio de mogelijkheid te bieden tot integrale ondersteuning tijdens het gehele proces van productvernieuwing. Dit gebeurt door samenbundeling van activiteiten op dit gebied van de Akademie voor Industriële Vormgeving, de Fontys hogescholen en de Technische Universiteit Eindhoven. Een belangrijk deel van het werk tot nu toe is de inrichting geweest van een (ATM) elektronische snelweg met communicatie-infrastructuur, waarop het hele proces vanaf het idee tot en met de prototyping samen met de klant kan worden uitgevoerd.

Terugkijkend op mijn UTI-periode denk ik dat het technologisch instituut aan deze universiteit zijn waarde heeft bewezen. Het is een zeer goede manier om – zoals Van Lint het ooit noemde – uit de ivoeren toren te komen. Het laat de industrie, en dus de maatschappij, het nut van wetenschappelijk onderzoek op een directe wijze ervaren. Ik wens mijn opvolger – prof. van der Hoorn – dan ook alle succes toe als directeur van het UTI-IPPV/Mechatronica.

Retrospectie

Ik neem even de tijd voor een korte en wat algemenere retrospectie. Alleen al uit de lengte van de voorgaande beschrijving kunt u terecht constateren dat ik onderzoek een belangrijk en constituerend deel vind van het werken aan een universiteit. Kennis genereren is een belangrijk bestaansrecht voor een academie. Ook kijkend naar het onderwijs is dit waar: bij de meeste Europese universiteiten speelt het Von Humboldt-principe 'Einheit von Forschung und Lehre' nog steeds een gewichtige

rol. Een omgeving waar de grenzen en fundamenteën van – in ons geval – de techniek onderzocht worden, vormt een ideale situatie voor de opleiding van jonge mensen. Maar er is meer over te zeggen!

Prof. Veenstra citeerde in zijn intreerede [19] zijn leermeester Milatz, die zei: "Vrijwel alle industriële producten van vandaag berusten op toegepast onderzoek van gisteren, en dat berust op zijn beurt weer op zuiver wetenschappelijk onderzoek van eergisteren". De kernvraag hierbij is wel (en Veenstra stelde zich die vraag ook al in 1958): Hoe werkt dit?

Voldoen wij hier als universiteit nog aan onze verplichtingen? Hoe is het mogelijk dat een technologisch stekje, ontkiemd op de fundamentele bodem langs de Dommel, overgeplant en afgehard wordt in een toegepaste bodem elders om tenslotte in het bedrijfsleven uit te groeien tot een mooie boom met vruchten, die maatschappelijk nut heeft en bovendien commercieel interessant is?

Als ik deze metafoer even mag volgen en mij richt op de stekjeskwekerij –

want daar bevinden wij ons hier in dit instituut middenin – zie ik alsmaar meer varianten verschijnen. Het verschijnsel staat ongeveer loodrecht op dat wat je op dit moment waarneemt in het bedrijfsleven, als firma's zich toeleggen op enkele kerntechnologieën. Dit bergt het grote risico in zich dat het zicht op de taak van de universiteit in het zo juist geschetste grotere geheel uit het oog raakt. Het probleem is begin dit jaar door de rector magnificus Van Vught van de Universiteit Twente op indringende wijze naar voren gebracht [20]. De wetenschappers gaan steeds verder met hun specialisatie en raken daarbij het zicht op het geheel kwijt.

Ze moeten wel, zegt mijn vriend en collega Peters [21] van de Katholieke Universiteit Leuven: wetenschappers scoren niet of nauwelijks door aan de wieg te staan van industriële producten die van nut zijn omdat zij verkocht worden. Nee, wetenschappers ondervinden waardering in hun métier door middel van bureaucratische beoordelingsmethoden, waarbij vaak collega-wetenschappers vaststellen wie "excellent" en wie "poor" is. Hun belangrijkste gereedschap daarbij is de "citation index". Nog even voorbijgaand aan

het gevaar van "mutual admiration" straalt deze werkwijze voor mij nu niet de sfeer van maatschappelijk nuttig bezig zijn uit. Het komt dichterbij in de buurt van verafgoding van het volgeschreven papier.

Kijkend naar het Von Humboldt-principe levert deze ontwikkeling ook grote gevaren op voor de opleiding van studenten. Het aanbod van nauwelijks op elkaar afgestemde specialistische colleges is een ramp voor de opleiding. Jonge mensen die zich aan ons toevertrouwen, hebben vooral in dit opzicht recht op een relevant onderwijsprogramma.

Het hiervoor geschetste probleem heeft mij de laatste tijd intensief beziggehouden. Het was voor mijzelf de drijfveer om me de laatste tien jaar veel meer open te stellen voor het nut en de plaats van universitair onderzoek bij maatschappelijke – en dus

in het geval van een technische universiteit – vooral industriële problemen. Het verder gaan op de weg van superspecialismen lijkt mij zowel voor het onderzoek als het onderwijs aan de universiteit heilloos. Of zoals Van Vught het

noemt: universiteiten zullen moeten streven naar een werkelijk herstel van de academische collegialiteit; zij moeten meer willen zijn dan een verzameling van min of meer willekeurige disciplines.

Dit herstel van het beeld van de gezamenlijkheid van de universiteit naar buiten lijkt mij de belangrijkste opgave voor de komende jaren. Geen woud van losstaande ivoren torens, maar een professionele organisatie waar niet alleen gewerkt wordt aan het genereren van nieuwe kennis, maar waar ook welgemeende aandacht is voor het gebruik van deze kennis in de maatschappij. De weg van wetenschap naar ambacht zal gerenoveerd en opnieuw bestraat moeten worden. Plato [22] was van mening dat de belangrijkste kennis betrekking heeft op het begrip 'waarde'. Het is tijd om de waarde van fundamentele kennis in academia te herijken en daardoor deze kennis een volwassen plaats te geven in het geheel van de moderne maatschappij.

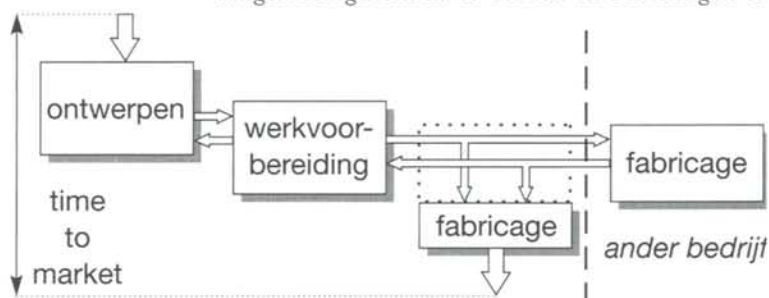
Universiteit en samenleving

Met enige vrijmoedigheid zou je de in 1980 door het Congres van de Verenigde Staten van Amerika

***Kennis is niet echt gebonden aan
plaats en tijd; een bedrijf kan deze
ook elders halen op een tijdstip
dat het schikt.***

aangenomen "University and Small Business Patent Procedure Act" [23] een herijking van de waarde van gegenereerde kennis kunnen noemen. Deze wet – beter bekend als de Bayh-Dole Act – vormde de inleiding voor een serie wetten die het uiteindelijk mogelijk maakten onderzoek te doen, los van de oorspronkelijke doelstelling: fundamentele of aan de instellingsdoelen gerelateerde research. Zo werd het Advanced Technology Program (ATP) aan het einde van de jaren tachtig volledig samengesteld vanuit de behoefte het bedrijfsleven een betere concurrentiepositie te geven. Een belangrijk structureel element van de Bayh-Dole Act was dat universiteiten recht kregen op de uitvindingen gedaan met financiële overheidssteun. Universiteiten zijn daardoor krachtig aangemoedigd om na te denken en beslissingen te

Figuur 8.
Moderne productcyclus.



nemen over het op de markt brengen van hun kennis. De resultaten in de vorm van bijvoorbeeld ontvangen royalties en grotere bemoeienis van universiteiten bij start-ups van bedrijven liegen er niet om. Maar wat ik als nevenresultaat zeker zo belangrijk vind, is dat het nut van universitair onderzoek veel aandacht krijgt, zowel in de dagelijkse praktijk van het universitaire leven als bij het samenstellen van nieuwe overheidsprogramma's voor fundamenteel en toegepast onderzoek.

Kennis is niet echt gebonden aan plaats en tijd; een bedrijf kan deze ook elders halen op een tijdstip dat het schikt. In een rede [24] die ik vorig jaar bij de uitreiking van de Ir. Noordhofprijs mocht uitspreken, wees ik op de waar te nemen tendens dat de markt steeds vaker multi-disciplinaire producten verlangt met een zeer korte time-to-market. Dit betekent dat bedrijven gedwongen worden om in de productcyclus niet alles meer zelf te doen: een groot gedeelte wordt uitbesteed. Een bekend voorbeeld hiervan zijn delen van de fabricage (figuur 8) die elders – bijvoorbeeld in lage-lonen-landen – uitgevoerd worden. De continuïteit van een bedrijf zal dan in technologisch opzicht in toenemende mate bepaald worden door een juiste keuze van enkele

kerntechnologieën.

Dit uitbestedingsverschijnsel kan natuurlijk ook betrekking hebben op de R&D van bedrijven. Uit een door de NEHEM uitgevoerde enquête [25] bij een groep van zeventien – overwegend kennisintensieve – bedrijven, blijkt dat er een grote bereidheid is om R&D in allerlei vormen uit te besteden, zelfs als de onderwerpen in de competitieve sfeer liggen. Olling [26] van de Chrysler Corporation plaatste deze "outsourcing of research" op de vorig jaar in Como gehouden 46ste General Assembly van het CIRP in het totale kader van de globalisering van markten. Hij vindt dit zowel voor de industrie als de (Amerikaanse) universiteiten een uitdaging inhouden en roept beide op om te zoeken naar nieuwe vormen van samenwerking. Opmerkelijk is dat hij in dit verband ook een pleidooi houdt voor een brede opleiding van studenten en zich afzet tegen ver doorgevoerde specialisatie. Ik citeer:

"graduates entering the workplace with only knowledge of their specialization are lost in a jungle of interlocking, interacting relationships. Students need to "graduate into" industry at the university. They need to acquire a broad grasp of current technologies "

Ik vertrouw erop dat bij de verdere toenadering tussen industrie en universiteit – als belangrijk onderdeel van de kennisinfrastructuur in deze regio – nieuwe vormen van samengaan gevonden zullen worden. Een technologisch instituut is een van de mogelijkheden. Als het lukt, zullen er in veel gevallen weinig redenen zijn om de "outsourcing of research" buiten de regio te doen plaatsvinden.

Epiloog

Dames en heren, het is tijd om dit college af te ronden. Het ging voornamelijk over het wetenschappelijk onderzoek in relatie tot dat deel van de maatschappij dat industrie heet. Ik had nog een aantal andere onderwerpen op mijn lijstje staan om te behandelen zoals: "de universiteit als carrièrefabriek" en "de universiteit als geweten". Helaas kom ik daar nu niet meer aan toe. Bij een normaal college gebeurt dit vaker. Als docent zeg je dan: "we gaan de volgende week verder". Bij een afscheidscollege is dit per definitie niet mogelijk.

Gaarne wil ik op deze plaats mijn dank uitspreken aan het College van Bestuur, mijn collega's, mijn medewerkers, vooral ook mijn studenten, en last but

not least mijn gezin. Zij allen hebben het voor mij mogelijk gemaakt om gedurende een zo lange periode en in zoveel vrijheid aan mijn vakgebied – de productietechnologie – te werken. Het zijn voor mij persoonlijk vruchtbare jaren geweest.

Ik dank u allen voor uw aandacht.

Noten

- [1] A.C.H. van der Wolf, *Van ambacht naar wetenschap*. Intreerede Technische Hogeschool Eindhoven, 12 november 1971.
- [2] J.A. van der Kloes, J.Z. Risch Jr., *Handleiding* (voornamelijk tot zelf-onderricht) voor den metaalbewerker meer in 't bijzonder den smid. Boekhandel en uitgeverij voorheen E.J. Brill, Leiden, 1908, p. V.
- [3] Nico Dikstaal, *Innovatie: de neerwaartse spiraal*, Intermediair, 13 februari 1997.
- [4] J.A.W. Hijink, A.C.H. van der Wolf, *Analysis of a milling machine: computed results versus experimental data*, Proceedings 14th International Machine Tool Design and Research Conference, 553-558, 1973.
- [5] J.G.A.M. van Heck, *On the dynamic characteristics of slide-ways*, Dissertatie Technische Hogeschool Eindhoven, 27 maart 1984.
- [6] J.A.W. Hijink, A.C.H. van der Wolf, *Het ontwerpen van ponsgereedschap*, Polytechnisch Tijdschrift – Werktuigbouw, jaargang 31 nr. 10 pp. 613-618, oktober 1976.
- [7] J.A.W. Hijink, *Modale analyse als experimentele techniek*, PATO-cursus "Computer Aided Design als gereedschap in de werktuigbouwkunde", Eindhoven, mei 1983.
- [8] F.C.C.J.M. Theuws, *Enhancement of machine tool accuracy: theory and implementation*, Dissertatie Technische Universiteit Eindhoven, 4 oktober 1991.
- [9] H.J.J. Kals, *Dynamic stability in cutting*, Dissertatie Technische Hogeschool Eindhoven, 19 mei 1972.
- [10] J.H. Dautzenberg, P.C. Veenstra, A.C.H. van der Wolf, *The Minimum Energy Principle for the Cutting Process in Theory and Experiment*, Annals of the CIRP Vol. 30/1 pp. 1-4, 1981.
- [11] T.C.G. Lo-A-Foe, J.H. Dautzenberg, A.C.H. van der Wolf, *A model for the micro-cutting forces of non-ferrous metals*, Proceedings of the 5th POLYTECHNICS SYMPOSIUM on manufacturing engineering, pp. 346-362, Brighton, 15-16 May 1986.
- [12] T.C.G. Lo-A-Foe, *Single-point diamond turning*, Dissertatie Technische Universiteit Eindhoven, 10 januari 1989.
- [13] F.L.M. Delbressine, *On the integration of design and manufacturing*, Dissertatie Technische Universiteit Eindhoven, 19 september 1989.
- [14] W.A.H. de Vries, *Manufacturable Design Operations*, Dissertatie Technische Universiteit Eindhoven, 6 juni 1996.

- [15] J.W.M. Krikhaar, *Design for Mass Production*, Dissertatie Technische Universiteit Eindhoven, 8 mei 1992.
- [16] Schrijverscollectief: J.M. van Bragt, A.C.H. van der Wolf e.a., *FALC, een studie naar een Flexibele Assemblage- en LasCel*, Symposiumboek, Technische Universiteit Eindhoven, pp. 94, 24 januari 1992.
- [17] T.B. Heintjes, *Een documentatieprogramma betreffende het FALC project*, Intern rapport WPA-1406, Technische Universiteit Eindhoven, pp. 22, december 1992.
- [18] R.F. Wielinga, *Resultaten SPIN-programma*, Uitgave Senter Informatietechnologie Den Haag, pp. 16, november 1995.
- [19] P.C. Veenstra, *Fundamenteel en toegepast, analyse en constructie*, Inaugurale rede, Technische Hogeschool Eindhoven, 7 oktober 1958.
- [20] F.A. van Vught, *De nieuwe academische collegialiteit*, Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van Rector Magnificus van de Universiteit Twente, 13 januari 1997.
- [21] J. Peters, *Techniek, een dialoog tussen wetenschap en maatschappij*, Afscheidscollege, Katholieke Universiteit Leuven, 20 oktober 1989.
- [22] G. Koolschijn, *Plato, schrijver*, ISBN 90 351 1616X, zevende druk, p. 181, september 1995.
- [23] Paul op den Brouw, *Verenigde Staten, Universitaire technologieoverdracht*, Technieuws, jaargang 34, nummer 7, pp. 3-10, 1996.
- [24] A.C.H. van der Wolf, *De vakman in de informatiemaatschappij*, Inleiding ter gelegenheid van de uitreiking van de Ir. Noordhoffprijs, Technische Universiteit Eindhoven, 4 oktober 1996.
- [25] *Kwalitatieve behoeftepeiling van R&D ondersteuning*, Rapport NEHEM Consulting Group, o.a. p. 5, 10 augustus 1994.
- [26] G.J. Olling, *Globalization of Research and Education in Manufacturing*, Annals of the CIRP Vol. 45/2 pp. 637-645, 1996.

Auteursnoot

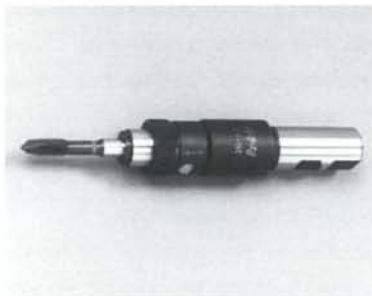
Na een carrière in de Verenigde Staten als Research Associate Professor aan de Universiteit van Cincinnati was Toon van der Wolf van 1970 tot 1997 hoogleraar aan de Technische Universiteit Eindhoven met als leeropdracht de werktuigkundige aspecten van de werkplaatstechniek. Hij combineerde het hoogleraarschap met diverse adviseurs- en commissarisfuncties in de vakgebieden werkplaatstechnologie en automatisering.

Deze emeritaatsrede is bewerkt en enigszins ingekort door Frans Zuurveen.

De integrale tekst van de rede is gedrukt door de Universiteitsdrukkerij TUE: ISBN 90 386 1031 9. Informatie 040-247 2250 of 4676.

Slimme taphouder

De SlimTapper is speciaal ontworpen voor CNC machines voorzien van een besturing met tapcyclus voor het tappen van schroefdraad. Deze cyclus zorgt ervoor dat snijnsnelheid, voeding, stopmoment, omkeren en weer teruglopen van de tap volledig synchroon geregeld is, het zogenaamde synchroon tappen. Daardoor kan de tap in een gewone span-tang of boorkop worden opgenomen. Hierbij bespaart men dus een tapkop met taphouders.



Omdat de tap in de Slim-Tapper niet star is ingespannen, maar in lengterichting, dus in trek- en drukrichting kan bewegen, worden synchronisatie afwijkingen opgevangen. Daardoor wordt voorkomen dat de tap bij de eerste aansnijding en bij het omkeren en teruglopen een 'tik' krijgt en is gereedschapsbreuk aanzienlijk minder dan normaal. Bovendien voorkomt de SlimTapper dat de tap bij het teruglopen tegen de net gesneden schroefdraadflank wordt geduwd, zodat de kwaliteit van de draad hoog blijft. Daardoor slijt de tap ook minder en worden gereedschapskosten gereduceerd. De taphouders zijn voorzien van een meeneemvierkant waardoor het risico van slippen in de houder is geëlimineerd in tegenstelling tot wat men tegenkomt bij het gebruik van spantanghouder of boorkop,

Bovendien is de tapkop ontworpen voor opname in een Weldonhouder en goedkoper dan een tapkop met geïntegreerde SK of BT opname. De SlimTapper is leverbaar in vier verschillende versies, met en zonder lengtecompensatie en met en zonder interne koeling.

Voor uitvoerige info:

Laagland bv

Telefoon: 010-292 2222

Fax: 010-292 2229

Nauwkeurige rondheidsmeting

Steeds vaker wordt het nauwkeurig meten van rondheid reeds op de werkvloer gedaan als gevolg van ontwikkelingen op het gebied van de kwaliteitsbeheersing. Rondheid kan alleen maar goed gemeten worden op een speciale rondheidsmeetmachine. De RA-114 is een model met een ingebouwde processor, printer en een klein beeldscherm. Een plek van 40 bij 50 cm is in principe



genoeg, zodat niet veel ruimte nodig is om het apparaat op te stellen.

De RA-116 is een andere uitvoering waarbij knoppen en beeldscherm zijn vervangen door een koppeling met een pc. De Windows 95 compatible software "Roundpak" biedt de mogelijkheid de geregistreerde rondheid te evalueren. Zo kunnen bijvoorbeeld aan de hand van één meting verschillende analyses worden uit-

gevoerd. Steeds opnieuw hetzelfde meten is daardoor niet meer nodig. Ook kan met geselecteerde delen van de geregistreerde omtrek worden gewerkt, die op het scherm worden weergegeven of afgedrukt. Een belangrijke voordeel van de combinatie PC met Roundpak-software is dat de rondheidsmeter ook in de toekomst up-to-date blijft. Een update van de software volstaat om de rondheidsmeter te voorzien van de laatste analysemethoden of uit te breiden met nieuwe mogelijkheden. Zowel voor de RA-116 als de RA-114 is geen specialistische kennis nodig om met het apparaat te kunnen werken.

Voor uitvoerige info:

Mitutoyo Nederland B.V.

Telefoon: 0318-534 911

Miniatuur DC/DC converter

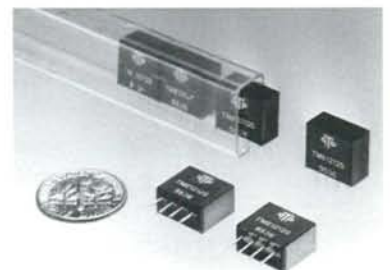
De miniatuur gelijkspanningsconverter serie DC/DC met een vermogen van 1 Watt uit de TM serie van TACO power producten is uitgebreid met enkele uitgangsspanningniveaus tot 5, 9, 12 en 15 volt met een nauwkeurigheid van $\pm 3\%$. De naar keuze toe te passen ingangsspanning van de converters zijn 5, 12 of 24 volt DC.

Voor uitvoerige info:

AVE Adder Vale Elektronica B.V.

Telefoon: 078-621 5900

Fax : 078-621 5815



Jaarindex 1997

Paginaverdeling

Nummer 1997-1: van pagina	1 tot pagina	32
Nummer 1997-2: van pagina	32 tot pagina	63
Nummer 1997-3: van pagina	63 tot pagina	93
Nummer 1997-4: van pagina	93 tot pagina	128
Nummer 1997-5: van pagina	128 tot pagina	166
Nummer 1997-6: van pagina	166 tot pagina	197
Alleen redactionele pagina's zijn genummerd.		

Editorials

50 Jaar Precisietechnologie	94
J. Verkerk	
Micro Systeem Technologie: Een leerproces	33
J. Fluitman	
Monolitisch ontwerpen	67
J. Verkerk	
Precisietechniek in een Multidisciplinaire Wereld	129
nvpt	
Zaken doen	2
W. Coopmann	
Zorgelijke ontwikkelingen	64
J. Verkerk	

Artikelen

50 jaar NVPT	78
L. de Reede	
50-jaar NVPT	69,95
nvpt	
Beter ten halve gekeerd dan ten hele gedwaald!	112
F. Siers	
Commercialisering van MST-producten	145
V. Spiering	
De kleinste zoomcamera	148
N. Kat	
De lauweren der precisietechniek	134
C. Geenen	
De ontwerper moet van vele markten thuis willen zijn	73
F. Siers	
Een kijkje bij de Instrumentele Dienst van het AZU39	
L. de Reede	
Ervaringen met 'methodisch ontwerpen' in het onderwijs	27

F. Siers	
Excimeerlaser in de glas- en keramiekindustrie	115
IPES- en UME-congres	96
J. Gerritsen	
Lerende besturing voor een lineaire motor	188
T. de Vries	
Magneetlagere	159
A. Molenaar	
Medische precisietechniek	151
C. Snijders	
Metaal en kunststof wedijveren in precisie	108
F. Zuurveen	
Micro-aandrijvingen met vormgeheugen	174
D. Reynaerts, J. Peirs, H. van Brussel	
Micromotoren met sub-miniatur lagers	85
J. Verkerk	
Microsysteemtechnologie	42
R. Sillen, H. Croon	
Monolitisch optisch systeem	104
H. Rutten, B. Postma, R. ter Horst	
Nauwkeurig positioneren met piëzo-elektrische elementen	137
F. Zuurveen	
Niet elk schot is een haas!	193
F. Siers	
Ondersteuning van een telescoopspiegel	46
K. Compaan	
Ontwerp van een precisie bewerkingsmodule	182
H. Kraakman	
Ontwikkelingen en applicaties in de Micro Systeem Technologie	142
J. Fluitman	
Op bezoek bij het CME, met micro-elektronica de markt op	17
F. Zuurveen	
Opengewerkte modellen	55
J. Verkerk	
Ordering in het programma van eisen	52
F. Siers	
Piëzo-aangedreven vervormbare spiegel	154
G. van Schothorst	
Sub-micron precisie	70
J. Verkerk	
Tactiele sensoren	6
E. Holweg	
Vat '98	171
anoniem	

Auteurs

Brussel, H. van	174
Coopman, W.	2
Compaa, K.	46
Croon, H.W.	42
Fluitman, J.	33,142
Geenen, C.J.M.	134
Gerritsen, J.	96
Holweg, E.	6
Horst, R. ter	104
Kat, N.	148
Kraakman, H.J.J.	182
Molenaar, A.	159
Postma, B.	104
Reede, L.C. de	39,78
Reynaerts, D.	174
Rutten, H.G.J.	104
Peirs, J.	174
Schothorst, G. van	154
Siers, F.J.	27,52,73,112, 193
Sillen, R.M.J.	42
Snijders, C.	151
Spiering, V.L.	145
Verkerk, J.	55,64,70,85,94,167
Vries, T.J.A. de	188
Zuurveen, F.	17,108,137

Productinfo

50-pins vacuümconnectors	196
Borstelloze micromotoren	127
Carl Zeiss Visionmes	124
CCD videocamera	164
Combinatiekoppeling voor servo-aandrijvingen	125
Compacte veiligheidskoppeling	165
Derde generatie acrylaatlijmen	61
Digitale servobesturingen	61
Digitale stralingsthermometer	126
Draagbare infrarood thermometer	125
Draagbare thermo-anemometer	123
Elektrolytisch productmarkering	164
Gebalanceerde kotterkoppen	90
Hightech laserlassen	90
Keramische niveau-opnemer	92
Laaggeprijsde CNC-draaibank	31
Laaggeprijsde druktransducer	92
Markeren van producten	91
Meerkanaals datalogger	92

Metten met temperatuurcompensatie	196
Microbewerking met UV-laser	123
Interactieve catalogi en calculatieprogramma's	125
Nieuwe ruimtebesparende steker	91
Oppervlakte-analysesysteem	62
Optische componenten	91
Optische vezels	165
Pneumatische stappenmotoren	165
Positioneringstafel met lineaire motor	126
Rotatietafel	126
Spectrale sensoren	61
Spuitgieten van technische keramiek	91
Stootdempers	31
Taaisterke cyano-acrylaatlijm	164
Tasters en toebehoren	90
Universele temperatuuropnemer	123
Verticaal CNC bewerkingscentrum	124

Her en Der

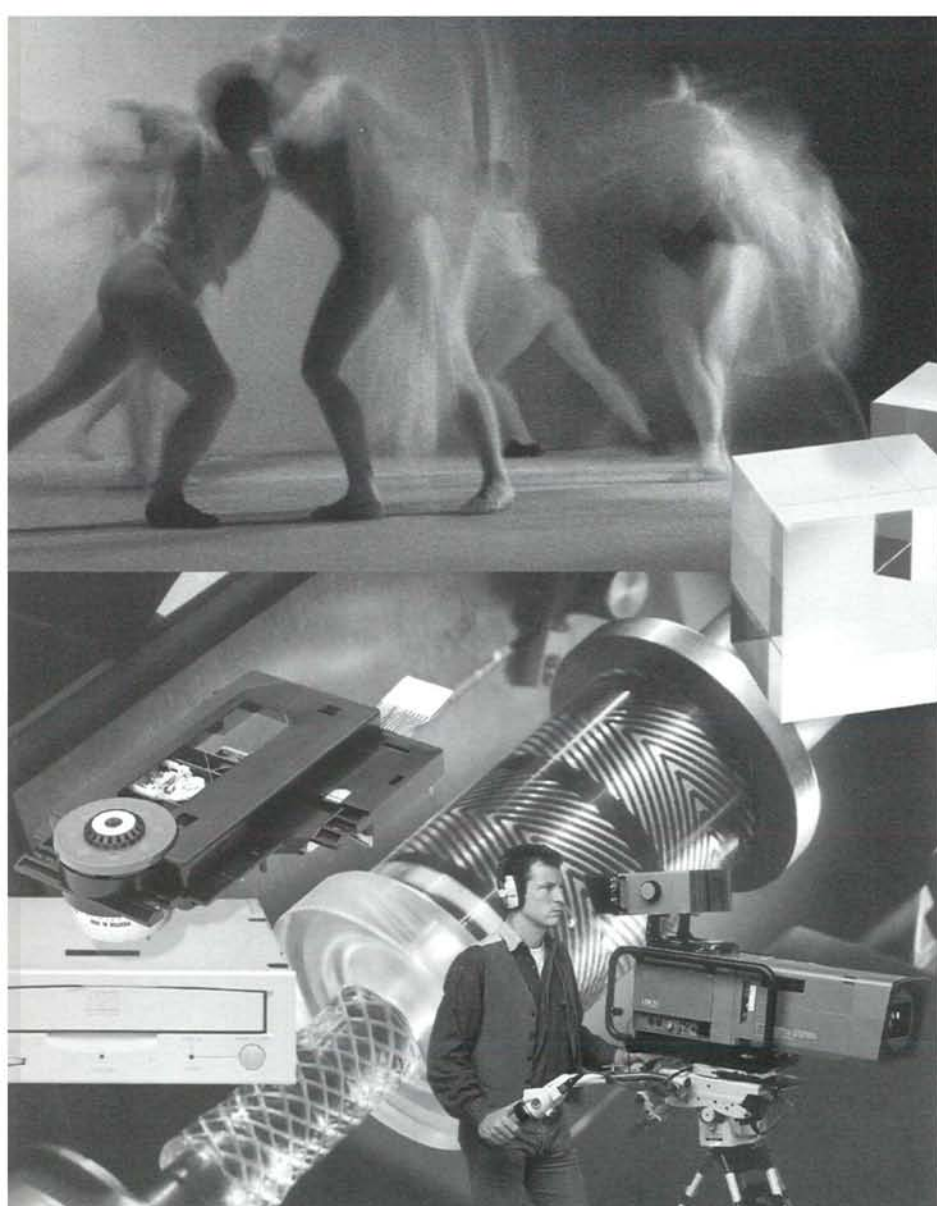
Beroepenolympiade	24
Ontwerp precisie-meetmachine onderscheiden	88
Serendipiteit	25

Errata

Magneetlagring	170
Medische precisietechniek	170

Verenigingsnieuws

NVPT	
50-jarig jubileum NVPT	3
Aanmelding Vat '98	34
Buitenlandse beurzen	35
Grootscheepse vernieuwing bij MARIN	131
Industriële Elektronica	34
Nominatie manager van het jaar	35
Oproep voor bijdragen	3
Regionale Werkgroep Twente	
Themabijeenkomst "Ontwerpen: basis voor industrieel succes"	132



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



Aan U de keus!
Voor elke eis leveren
wij het juiste: code-impuls-
gevers in single- en multiturn
uitvoering of incrementele
impulsgevers – met voor de
aanbouw identieke afmetin-
gen. Allemaal leverbaar met
de juiste interface voor Uw
PLC: zodat de communicatie
direkt lukt!

En allemaal zoals gebruikelijk
met de beste technische
eigenschappen – met eerste-
klas kwaliteit. Dat betekent:
HEIDENHAIN-betrouwbaar-
heid voor Uw machine en
toebereiden. Heeft U
trek gekregen?



Belt U ons:
HEIDENHAIN
0318 - 540300



Ieder zijn smaak

Wereldwijd maatgevend.

HEIDENHAIN

HEIDENHAIN NEDERLAND B.V.

Postbus 107 · NL-3900 AC Veenendaal
(0318) 540300 · FAX (0318) 517287