

# Mechatronics Job Orien

*Zestien studenten en promovendi van de TU Delft, van de sectie Advanced Mechatronics van hoogleraar Jan van Eijk, vertrokken op maandagochtend 29 mei richting Duitsland. Het doel van de reis was de studenten kennis te laten maken met potentiële werkgevers en de vakgroep contacten te laten leggen met het bedrijfsleven. In een week met een gevarieerd programma werden zes bedrijven op het gebied van precisietechniek en mechatronica bezocht: Philips Medical Systems, Mechatronik-Zentrum Hannover, Continental, ThyssenKrupp Transrapid, Carl Zeiss en Advanced Micro Devices.*

• *Jurgen Duivenvoorden en Jasper Wesselingh* •

## **P** Philips Medical Systems (PMS)

Philips Medical Systems te Hamburg produceert vandaag de dag verschillende producten, zoals röntgenbuizen en CT- en MR-scanners. Het bedrijf bestaat al sinds 1918, toen de eerste röntgenlamp werd ontwikkeld. Tussen 1998 en 2001 is PMS uitgebreid door overname van ATL, ADAC, Agilent Systems en Marconi. Dit betekende een investering van ongeveer zes miljard euro. Hiermee is PMS een van de grotere spelers op de markt van medische apparatuur.

Een rondleiding langs de productiefaciliteiten begon bij de röntgenbuizen. In röntgenbuizen wordt een zeer hoge voltage over de kathode en anode gezet. Hierdoor komen er hoogenergetische fotonen vrij, oftewel röntgenstraling. Tegenwoordig draait de anode rond met zo'n 9000 tpm om de duurzaamheid te vergroten. De anode bereikt namelijk een temperatuur van ongeveer 3000 °C. De kathode en de anode zijn geïsoleerd door een glazen omhulsel (de buis). Hieromheen zit een loden behuizing die de straling naar buiten toe tegenhoudt. Bovendien beschermt het loden omhulsel de omgeving tegen een eventuele explosie. De

nieuwste ontwikkeling is een stalen buis met keramische isolatie. Het voordeel hiervan is dat de warmte van de anode beter afgevoerd wordt. Bovendien is er een nieuw gegroefd hydrostatisch lager ontwikkeld met olie als vloeistof. Dit lager vertoont geen slijtage en heeft een zeer lage rotatie-weerstand.

Het globale productieproces van een röntgenbuis is als volgt. Eerst worden de kathode en anode gefabriceerd en geassembleerd in een cleanroom. Ten tweede wordt er een glazen behuizing geblazen in de cleanroom. Ten derde wordt om deze buis de loden behuizing gemaakt. Daarna wordt het geheel getest op lekkage van röntgenstraling. Als laatste wordt de spanning over kathode en anode in de röntgenbuizen over een periode van zes tot acht uur langzaam opgevoerd tot 180.000 Volt; zie Afbeelding 1. Als de röntgenbuizen deze stap niet doorlopen, gaan ze direct kapot.

In de volgende productiehhal werd een MRC 600/800 machine getoond. Dit is een CT-scanner waarmee 3D-afbeeldingen kunnen worden gemaakt van het gescande object. Het roterende gedeelte van de scanner is gelagerd

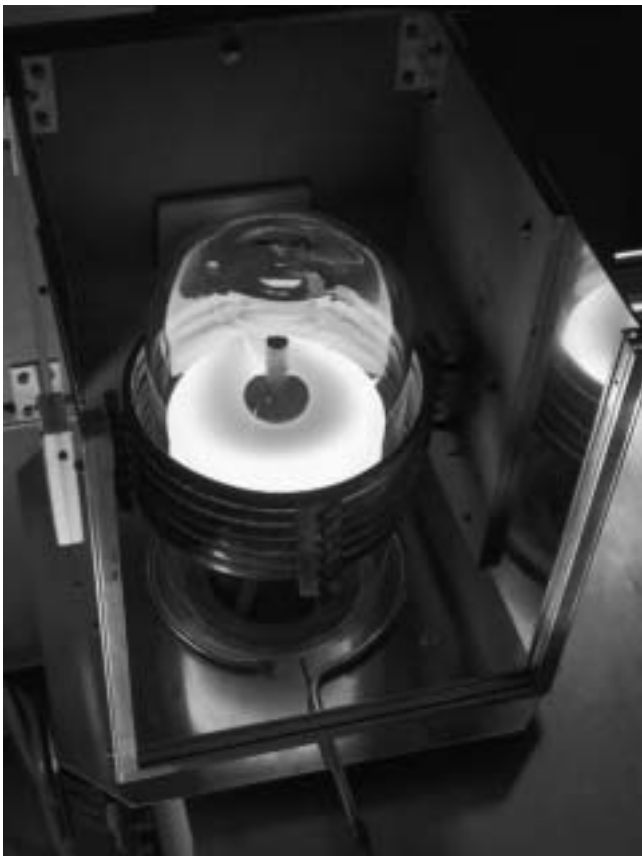
# tation Week Germany

met een kogellager, heeft een totale massa van 200 kg en bereikt door de hoge omwentelingssnelheid een centripetale versnelling van 15 g. De grote massa is vooral te wijten aan het feit dat alle hoog-voltage componenten op de bewegende ring worden gemonteerd.

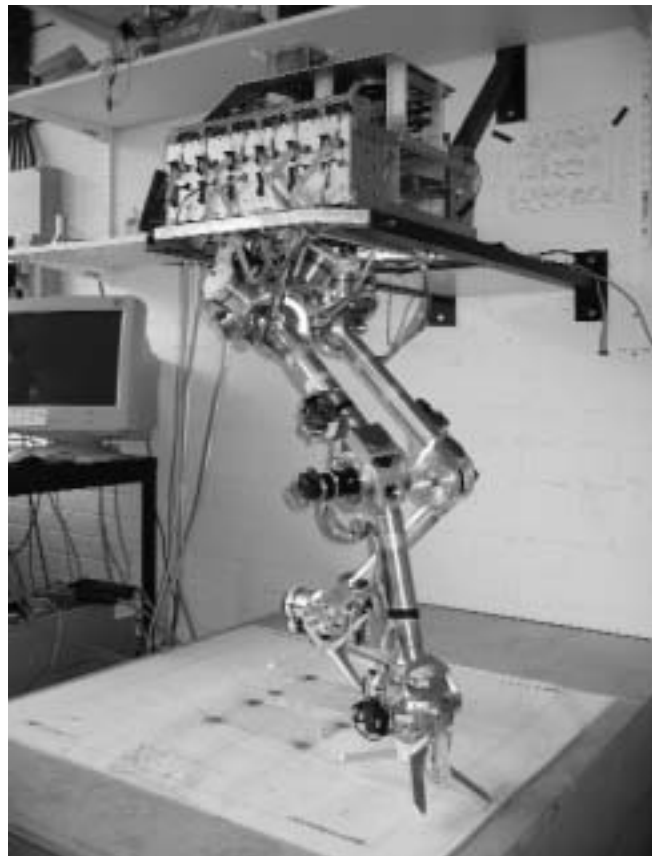
Als laatste werden nieuwe ontwikkelingen op het gebied van patiënttafels getoond. De beeldverwerking in medische diagnostiek is tegenwoordig veelal digitaal. Voor deze digitale cassettes worden MEMS-gebaseerde CCD-chips gebruikt. Een andere interessante ontwikkeling is het gebruik van veren en servo's in de balans voor de massa van de patiënt. Dit om het gebruik van het milieubelastende materiaal lood tegen te gaan.

## **Mechatronik-Zentrum Hannover (MZH)**

Het Mechatronik-Zentrum van de Universiteit van Hannover is een interfacultaire samenwerking tussen werktuigbouwkunde, elektrotechniek en informatica. De groep is in 2000 opgericht en doet een aantal interessante onderzoeken, zoals aan de besturing van een medische robotarm, die minimaal invasieve chirurgische ingrepen aan het oor kan doen. Hierbij moet een implantaat ter bevordering van het gehoor in het binnenoor worden geplaatst. Een stereo optical camera wordt gebruikt in combinatie met een CT-scan van de patiënt voor correcte positionering van het implantaat. De nu vereiste nauwkeurigheid is 0,5-1 mm, maar de gewenste nauwkeurigheid voor toekomstige systemen is in de orde van 0,1-0,2 mm.



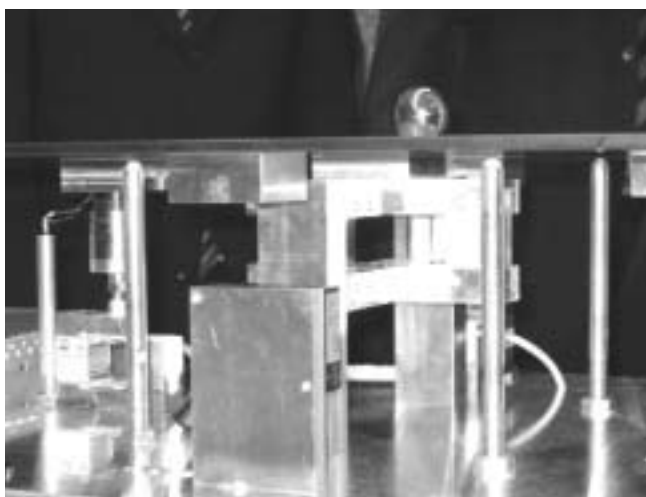
Afbeelding 1. Een röntgenlamp wordt langzaam opgewarmd, tot een spanningsverschil van 180.000 V.



Afbeelding 2. Tweede-generatie tweebeugelige looprobot, met gewrichten die ook zijwaartse verstoringen kunnen compenseren.

Een ander project van het MZH betreft onderzoek aan looprobots, waarbij de nadruk ligt op reflexbewegingen. De eerste generatie robots kan in een rechte lijn lopen en reageren op verstoringen, om een val te vermijden of zichzelf te beschermen tegen schade door een val. De tweede generatie is voorzien van gewrichten, voor extra vrijheidsgraden en betere reflexen; zie Afbeelding 2. Naast looprobots wordt er ook onderzoek gedaan aan rijdende robots, die autonoom bewegen. Daarvoor is real-time software ontwikkeld en worden ze toegerust met 2D-laserscanners en infraroodcamera's. Een demonstratie werd gegeven met een robot die een parkeerterrein rondreed, door zich te oriënteren op een ingeladen kaart van het terrein; daarnaast ontweek de robot obstakels die op zijn weg kwamen.

Als introductieproject voor studenten was er een opstelling met een glazen plaat en daarop een metalen bal. De plaat heeft twee vrijheidsgraden (rotaties) die worden geregeld met voice-coil actuatoren en worden gemeten met twee laserinterferometers. In dit systeem is state feedback toegepast, waarbij de states van de bal met een observer worden berekend. Zowel het stilleggen van de bal als het volgen van een pad kan hiermee worden bewerkstelligd, zonder dat de positie van de bal zelf direct wordt gemeten; zie Afbeelding 3.



Afbeelding 3. Proefopstelling bij het MZH: de positie van de bal wordt geregeld, maar niet actief gemeten.

### Continental

Bij bandenfabrikant Continental werd de afdeling bezocht waar de prototypes worden ontworpen, gefabriceerd en getest op vibratie-eigenschappen. De ontwerpen worden eerst met de hand vervaardigd. Het kost vijf tot veertig uur



Afbeelding 4. Een prototype band wordt met de hand gesneden.

om een band met de hand te maken, afhankelijk van het type band en de complexiteit van het profiel; zie Afbeelding 4. De nauwkeurigheid die een vakman met de hand bereikt is 200  $\mu\text{m}$ . De nieuwe banden worden intensief onderzocht door Continental, onder meer op de eigen testbaan 'Contidrom' op twintig minuten afstand van het testcentrum. Hier is een ovaal voor high-speedtests en er zijn verschillende ondergronden waarop remkarakteristieken, geluidsniveau en voertuigbeheersing worden getest.

Naast de tests op de weg wordt er uitgebreid getest in laboratoria. Zo worden mode-analyses op de banden gedaan met laserinterferometers en accelerometers. De eerste eigenfrequentie bij een 'gewone' band voor een personenauto ligt rond de 70 Hz. De bijbehorende trilvorm wordt bepaald door de stalen riem in de band; het rubber kan gezien worden als extra massa. Naast alleen banden wordt ook voertuigdynamica getest. Dit gebeurt met behulp van shakers die op een trillingsisolator gemonteerd zijn. De isolator heeft een massa van drie ton en een eigenfrequentie van 0,5 Hz.

Veel aandacht bij het testen gaat uit naar het geluidsniveau dat een rollende band produceert. Er zijn vier 'drums' geïnstalleerd die tegelijk of onafhankelijk van elkaar kunnen worden gebruikt om ofwel een gehele auto te testen, ofwel een enkele band. In het laatste geval wordt er gebruik gemaakt van een enkele ophanging die de dynamica van een auto benadert. Kracht, versnelling, snelheid, verplaatsing en geluidsniveau worden door verschillende systemen gemeten. De resultaten worden gebruikt om geluidsniveau, trilling en duurzaamheid aan te passen.

Om het praktijktesten te complementeren, worden er met behulp van theoretische beschrijvingen ook systemen als 'electronic break systems', 'electronic air springs' en 'active noise and vibration control' ontworpen. Dit alles wordt gecombineerd om een optimaal rijgedrag te verkrijgen.

### ThyssenKrupp Transrapid

ThyssenKrupp Transrapid is een samenwerking van ThyssenKrupp en Siemens, twee innoverende Duitse trein-fabrikanten. Al meer dan dertig jaar ontwikkelen zij een magneet zweef trein, de zogeheten maglev. De eerste commerciële baan ligt sinds kort in China, waar deze de stad Shanghai met het vliegveld verbindt. Sinds de bouw van deze maglev-trein is er geen productie meer geweest bij Transrapid in Kassel. Daarom werden er ook geen groepen meer ontvangen voor rondleidingen, tot nu toe. Nu wordt er gewerkt aan een nieuwe testtrein voor de eventuele aanleg van een traject bij München.

Al in 1934 vroeg een Duitse ingenieur patent aan voor een magnetisch zwevende trein en in 1969 startte een onderzoek naar een hogesnelheidslijn. In 1977 werd de eerste passagierstrein gemaakt en in 1980 werd de testbaan in Emsland gerealiseerd. Het traject van Pudong Airport naar Long Yang Road Subway Station in Shanghai heeft een lengte van 30 km en een totale reistijd van 8 minuten. Hierbij wordt een maximumsnelheid van 505 km/h gehaald.

De werking van de trein kan opgedeeld worden in het levitatie- en het aandrijvingssysteem. De levitatie wordt door electromagneten in de trein verzorgd, die de trein omhoog trekken. De magnetische stators zijn in de 'rails' geïntegreerd, waardoor het gewicht van de trein aanzienlijk wordt verlaagd. De aandrijving werkt net als een opengeknipte normale driefasenelektromotor, zodat het een lineaire motor wordt. De stator is dus ingebouwd in de rails, terwijl de rotor in de trein is verwerkt. De snelheid van de trein wordt bepaald door de frequentie van de wisselstroom in de rotor. Als de stroomrichting wordt omgedraaid, remt de trein.

In Kassel worden de levitatie- en aandrijvingssystemen gefabriceerd en wordt de trein geassembleerd met aangeleverde producten; zie Afbeelding 5. Elektromagneten worden geproduceerd door aluminiumfolie om een gelamineerde kern te wikkelen en te hullen in een epoxyhars voor bescherming.

Onderwerpen zoals veiligheid werden ook toegelicht. Een voorbeeld hiervan is dat per 24 elektromagneten er tot tien kunnen uitvallen zonder dat de trein problemen krijgt.



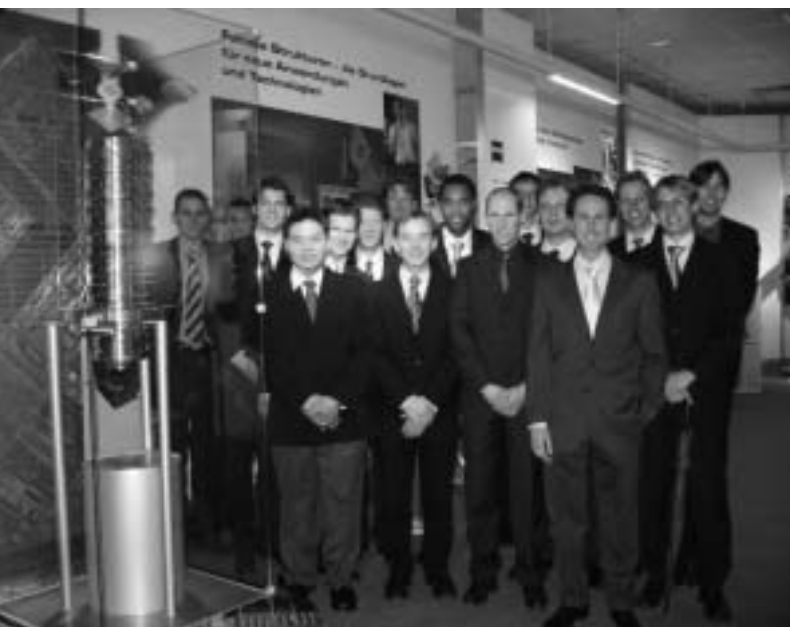
Afbeelding 5. De carrosserie van de Transrapid wordt op het chassis getakeld.

Het bezoek van de Delftse groep kreeg een vervolg door het aanbod van een proefrit begin september op de testfaciliteit in Emsland.

### Carl Zeiss

Carl Zeiss (1813-1888) richtte in 1846 een werkplaats op in Jena, waar microscopen werden vervaardigd. Toen Ernst Abbe (1840-1905) in dienst kwam bij Zeiss, ontwikkelde hij de theorie van macroscopische beeldvorming, hetgeen een grote stap voor het bedrijf was. Na de Tweede Wereldoorlog werd het bedrijf opgesplitst in een West- en een Oost-Duits gedeelte; de twee bedrijven zijn na de val van de Muur weer gefuseerd. Tegenwoordig telt het bedrijf ongeveer 11.000 werknemers en ligt de nadruk nog steeds op optische systemen. Het bedrijf bestaat nu uit verschillende divisies: microscopy, medical-surgical (lasers), semi-conductor, industrial metrology (planetariums), opto-electronic systems (beamers) en sports optics (binoculars).

Bij Carl Zeiss kreeg de groep een presentatie over het AIMS-systeem dat in Jena wordt ontwikkeld. Dit systeem wordt gebruikt om wafermaskers te inspecteren en waar nodig te repareren. Vandaag de dag heeft een wafermasker ongeveer  $10^{14}$  pixels. De kosten voor een set maskers voor een gecompliceerde IC beginnen bij 300.000 euro. Het is dus belangrijk dat de wafermaskers, die gemiddeld 100 defecten bevatten, gerepareerd kunnen worden. Het AIMS-systeem inspecteert de maskers door een lithografieproces te simuleren op een CCD. Defecten in de structuur komen zo aan het licht



Afbeelding 6. Het voltallige reisgezelschap naast een lenzenkolom van Carl Zeiss.

en kunnen door middel van etsen of depositie worden gerepareerd.

Naast het AIMS-systeem werkt Carl Zeiss aan de lenzenkolommen die ASML gebruikt voor zijn lithografiemachines; zie Afbeelding 6. Een lenzenkolom, met een kostprijs van ongeveer tien miljoen euro, vertegenwoordigt de helft van de kosten van zo'n machine. Daarom ook wordt de hele machine bij ASML om de lenzenkolom heen ontworpen.

Tevens werd een bezoek gebracht aan de microscopenafdeling, waar een demonstratie werd gegeven van de laser-scanningmicroscopen die Carl Zeiss ontwikkelt. Deze geavanceerde apparaten worden vooral gebruikt in biologisch onderzoek. Door individuele cellen te injecteren met fluorescerend materiaal, kan de microscoop ze middels beeldherkenning volgen door een substraat.

### Advanced Micro Devices (AMD)

AMD ontstond in 1969 in Sunnyvale, California. Het is een producent van processoren voor desktop-, laptop- en servercomputers. AMD is een vooruitstrevend bedrijf. Zo bracht het als eerste een processor boven de 1 GHz op de markt, als eerste een 64-bit chip en als eerste een dual core processor. Vooral bijzonder is dat deze innovatie wordt bereikt terwijl de grootste concurrent tien maal zo groot is; dit geeft de flexibiliteit van het bedrijf weer.

Op dit moment zijn er twee productiefaciliteiten gelegen in Dresden, Fab 30 en Fab 36 (de getallen verwijzen naar het openingsjaar uitgedrukt in aantal jaren na de oprichting van het bedrijf). AMD besloot deze faciliteiten hier te bouwen vanwege de vele hoogopgeleide werklozen in Oost-Duitsland na de val van de Muur. Door de aanwezige expertise op het gebied van chipfabricage kon Fab 30 in vijf maanden worden gerealiseerd.

De hoge mate van flexibiliteit binnen het bedrijf is te danken aan de flexibele logistieke faciliteiten. Dit komt voornamelijk door het APM-systeem (Automated Precision Manufacturing), dat ervoor zorgt dat de verschillende productiestappen zo efficiënt mogelijk elkaar opvolgen. Ook heeft dit systeem ervoor gezorgd dat er in Fab 30 een overstap gemaakt kon worden van 200 mm naar 300 mm wafers zonder de productie stil te leggen. Daarnaast wordt Fab 30 omgebouwd en uitgebreid tot Fab 38, zodat het van 90 nm naar 45 nm technologie kan overstappen in 2007.

Uit veiligheidsoverwegingen was het niet mogelijk om de productie zelf te bezichtigen; in plaats daarvan was er een demo te zien van de APM in het testlab. In dit testlab worden stapels met wafers door automatisch gestuurde transportwagens langs het plafond naar verschillende inspectie- en productietools gebracht. Edge Grip-technologie zorgt ervoor dat een minimaal contact met de wafer wordt gemaakt om beschadigingen te voorkomen. Vernieuwingen in het softwaresysteem kunnen hier worden getest, voordat ze in het productieproces worden toegepast.

### Conclusie en dank

Naast al deze serieuze bezoeken aan bedrijven was het ook nog een zeer gezellige week met zestien enthousiaste deelnemers, zonder wie dit verslag niet tot stand was gekomen. Alle deelnemers aan de Mechatronics Job Orientation Week Germany willen graag Philips Applied Technologies, ASME, TNO, IOP Precisie-technologie, NVPT en de TU Delft bedanken. Zij hebben ervoor gezorgd dat de reis voor iedereen betaalbaar bleef.

### Auteursnoot

Jurgen Duivenvoorden en Jasper Wesselingh zijn studenten Advanced Mechatronics aan de TU Delft.