

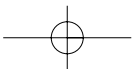
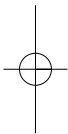
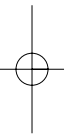


Universiteit Twente
de ondernemende universiteit



In een breder perspectief

Prof. Dr. Alfred Driessen



In een breder perspectief

Mijnheer de Rector Magnificus, waarde collega's, beste familie, vrienden en kennissen, geachte aanwezigen

Inleiding

Degenen onder u die het wetenschappelijke gedeelte van het symposium hebben bijgewoond zullen waarschijnlijk iets van de fascinatie van het werken met licht hebben meegekregen. In het nu volgende wil ik hiermee doorgaan, maar daarbij alles in een breder perspectief bekijken. Hierbij komen vanzelfsprekend persoonlijke inschattingen en visies naar voren waarbij in sommige gevallen het gebied van techniek en wetenschap ook van buiten zal worden bekeken. Het voordeel van een afscheid is dat jaren van werk aan voorafgaan, die alle in een - weliswaar subjectief - geheugen zijn opgeslagen. Juist dit geheugen en de ervaring van de veranderingen in de tijd maakt het mogelijk ook iets over de toekomst te zeggen.

Het werk van een docent aan de universiteit betreft natuurlijk niet alleen het onderzoek. Het onderwijs en meer algemeen de interactie met studenten is eigenlijk de primaire taak. In meer dan 40 jaar aanwezigheid op in totaal 5 universiteiten heb ik de stimulerende invloed van de academische omgeving kunnen ervaren. Noch de revolutie van mei 1968 noch de altijd nieuwe pogingen tot efficiëntie verhoging en bezuinigingen hebben het oorspronkelijke idee van een universiteit kunnen vernietigen. Misschien hebben zij zelfs bijgedragen tot telkens een nieuwe verjonging.

Verandering en tijd zijn moeilijk waarneembare en moeilijk te definiëren begrippen. Alleen bewegingen die niet te snel of niet te langzaam zijn kunnen wij direct waarnemen. Bij de technologische veranderingen zien wij vaak alleen de krantenkoppen van de dag of de vitrines van een museum. De jeugd van nu loopt gemiddeld met een paar computers op zak rond en wil graag Terabytes opslaan en met glasvezel aan het web zitten. En voor de ouderen is zelfs het kaartjes kopen aan de NS automaat al te veel gevraagd. Om zicht op de toekomst te hebben is het nodig het heden te kennen, en ook het verleden dat hiertoe heeft geleid.

Persoonlijk denk ik dat ook een andere eigenschap nodig is voor een toekomstverkenning, de onbevangenheid van een kind, dat verbaasd kan zijn over wat bereikt is en doorgaat met vragen. De verbazing over de onwaarschijnlijke resultaten van de techniek creëert ruimte voor een diep optimisme dat het zal kunnen bijdragen aan de oplossing van nieuwe

toekomstige uitdagingen. Juist uit dit optimisme komen de vragen voort, die door de volwassenen vaak als kinderlijk, naïef of gewoon absurd worden beschouwd.

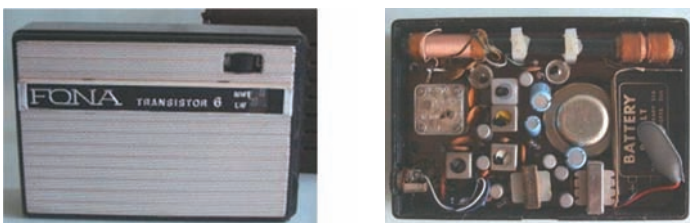
In het volgende wil ik eerst over enkele verbazingwekkende technologische ontwikkelingen spreken die met mijn eigen vakgebied te maken hebben. Techniek is niet alles en dient daarom geïntegreerd te worden in de andere aspecten van de menselijke existentie zoals cultuur, levensstijl en wereldbeeld. Ethiek speelt hierbij een belangrijke rol maar ook andere disciplines van de geesteswetenschappen. De rationele afwegingen die voor deze integratie nodig zijn gaan noodzakelijkerwijs uit van de diepste overtuigingen en het persoonlijke wereldbeeld of godsbeeld. Met een kort fragment uit de negende symfonie van Beethoven tracht ik te verduidelijken dat de schone kunsten hierbij een waardevolle hulp kunnen bieden. Tenslotte wil ik mijn rede afronden met enkele woorden van oprechte dank.

De wet van Moore

U verwacht waarschijnlijk dat ik nu over geïntegreerde optica zal beginnen. Maar ik ga eerst over het vakgebied van mijn collegae spreken: geïntegreerd elektronische circuits, IC's. Het is het eerste bereik waar integratie en micro en nano-technologie tot een ware revolutie hebben geleid, resulterende in een enorme wereldwijde economische activiteit. Als scholier speelde ik met radio's met buizen of met enkele transistors, zie afbeelding 1.

4

In een breder perspectief



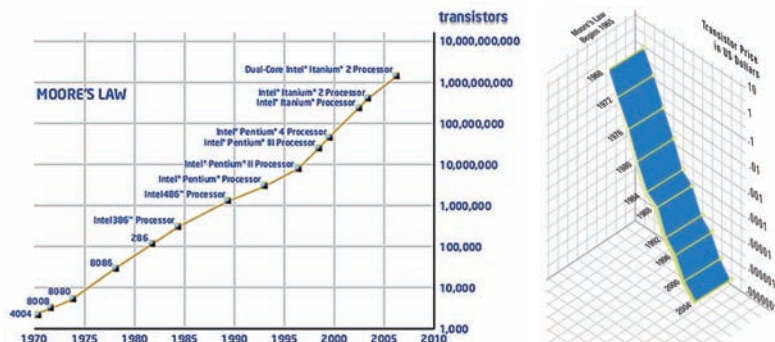
Afbeelding 1: Een radio uit de jaren 60 van de vorige eeuw met 6 transistors

Vandaag zitten in de meest geavanceerde computerprocessors 2 000 000 000 transistors. Het is gewoon onvoorstelbaar, dat die te ontwerpen zijn, als massaproduct te produceren zijn, dat die niet wegsmelten in de warmte die ze zelf produceren en dat die binnen het financiële bereik van

miljoenen wereldburgers vallen. De meest optimistische voorspelling van mijn studententijd komt verreweg niet bij het bereikte resultaat. Alleen één man, Gordon Moore, durfde de resultaten van de eerste jaren te extrapoleren en een heel leger van bedrijven en academische onderzoeksinstituten volgde zijn voorspellingen. Niet alleen de technische ontwikkeling is onvoorstelbaar maar ook de bereikte kostenreductie, zie 2. Het resultaat zijn IC's, computer, netwerken, breedband communicatie, fax, mobieltjes, Tom-Tom, etc.

(a)

(b)



Afbeelding 2: De wet van Moore met (a) het aantal transistors in een processor chip en (b) de resulterende kostenreductie per transistor. [1]

Maar met deze revolutie zijn wij er niet, want digitale IC's hebben hun inherente beperking. Zij zijn goed in data- opslag en bewerking. Maar waar je de data vandaan haalt en wat je er uiteindelijk mee gaat doen is een ander verhaal. Om een vergelijking met biologische systemen te maken, zou men kunnen zeggen dat wij kunstmatige hersenen kunnen maken maar, wat dan? Hersenen alleen dienen nergens toe. Zij dienen in een systeem geïntegreerd te zijn met een sensorisch en motorisch zenuwstelsel, aan de input-zijde met sensoren zoals ogen, oren, neus en tastzin en aan de output zijde met actuatoren, zoals zenders, 'spieren' of andere mechanische instrumenten. Hier opent optica en vooral ook geïntegreerde optica een uniek spectrum van mogelijkheden.

Licht, golfgeleiders en geïntegreerde optica

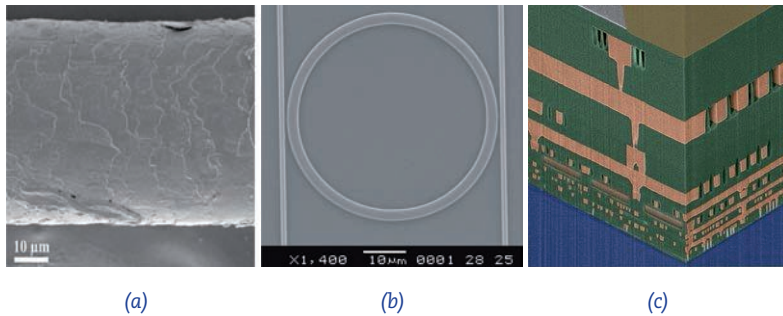
Om zich een idee over geïntegreerde optica te kunnen vormen zou je eerst precies willen weten wat licht eigenlijk is. Is het een deeltje, een foton, of een golf met een bepaalde golflengte? Voor een ingenieur doet het er

eigenlijk niet toe, zolang alles maar goed functioneert. Wie daarmee niet tevreden is kan natuurlijk dieper graven en komt daarbij tot de fundamente van de natuurkunde [?], want zonder quantum mechanica en relativiteitstheorie kom je er niet. Je ontdekt dat licht iets unieks is dat niet met een reeds bekend concept als deeltje of golf te vatten is. Voor de meeste toepassingen echter is het voldoende licht als een golf te beschouwen, een elektromagnetische golf, om precies te zijn, die zich met een enorme snelheid, namelijk 300 000 km/s voortplant. Net als een watergolf, kan men licht in kanalen laten voortbewegen, die moeten dan tenminste de afmetingen van de golflengte van het licht hebben. Gelukkig is die heel klein, ongeveer een duizendste millimeter, 1 micron (μm). Kanalen voor licht hoeven geen holle buisjes te zijn; het kunnen ook buisjes van glas of andere transparante media zijn. Hiervan is de glasvezel de meest bekende. De golfbeweging van lichtgolven gaat met een onvoorstelbare snelheid op en neer, ongeveer 500 000 000 000 keer per seconde; licht heeft daarmee een frequentie van ongeveer 500 THz. Het is daarom bijzonder geschikt om enorme hoeveelheden data te transporteren tot ver in het Tbit/s regime. Dat betekent een complete harddisk van een moderne computer in 1 seconde volschrijven.

Licht kan ook informatie van zijn omgeving opnemen en doorgeven. Dit opent de mogelijkheid licht als verkenner uit te zenden en aan de verandering na terugkomst te zien, in wat voor een omgeving het licht geweest is. Een zeer elegante manier is spectroscopie die gebruik maakt van het Raman effect. Om dit te begrijpen gaan wij naar het deeltjesbeeld van het licht. Wij gebruiken dan een laser als lichtbron die fotonen met dezelfde kleur, d.w.z. met dezelfde energie uitzendt. Als het foton nu bepaalde materialen tegenkomt kan het gebeuren dat in het materiaal vibraties ontstaan of andere microscopische bewegingen. Als gevolg mist het foton een kleine hoeveelheid energie, en zal daarmee een iets andere kleur hebben. Door op een gevoelige manier de kleur van de fotonen te meten kan men informatie verkrijgen over de karakteristieke vibratie energie van het materiaal. Op die manier kan men de aanwezigheid van bepaalde chemische stoffen detecteren.

Een glasvezel is een bijzonder geschikt medium voor transport van licht, vergelijkbaar met de koperdraad voor elektriciteit. Voor een optisch circuit zijn componenten nodig zoals een transistor, weerstand of schakelaar die met lithografische technieken met duizenden of miljoenen tegelijk op een substraat kunnen worden vervaardigd. Gelukkig bestaan die, maar de technologie hiervan staat nog in de kinderschoenen. Voor transport, manipulatie,

schakelen en kleurscheiding van licht gebruikt men traditioneel grote en daarom kostbare apparaten. Er wordt hard gewerkt, dit ook in geïntegreerd optische technologie te realiseren. Afbeelding 3 geeft een indruk over de afmetingen van geïntegreerde optische en elektronische circuits.



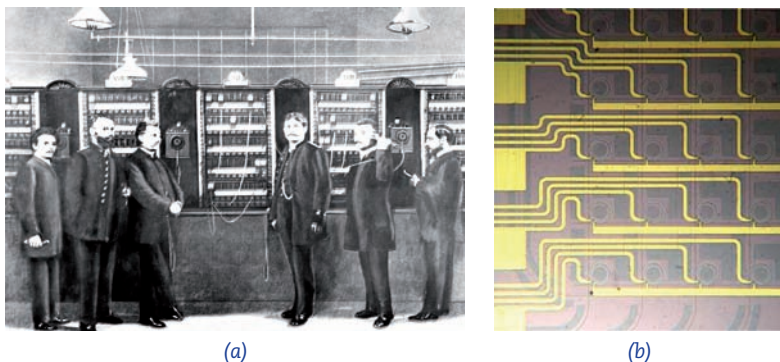
Afbeelding 3: Elektronenmicroscop foto's van (a) een haar, (b) op gelijke schaal een geïntegreerd optische ringresonator met een diameter van 50 μm en (c) een dwarsdoorsnede van een moderne processor (IBM) op een 10x kleinere schaal.

De informatie snelweg

Stel dat Piet en Marijke met elkaar willen communiceren, met als bijkomend detail dat de een in Nederland en de andere in de VS woont. Zij willen elkaar vaak zien en horen en dat uren achter elkaar. Het mag niet veel kosten, zeg maar een tientje per maand. Daarbij weten zij dat duizenden hetzelfde willen doen. De oplossing? Ga een glasvezel leggen tussen Nederland en de VS, laat iedereen een computer kopen en het werkt. Hiervoor heb je aan conventionele (micro-) optica voldoende, maar waarvoor dan geïntegreerde optica? Een nieuw begrip komt nu te pas: complexiteit. Weer kijken wij naar de elektronische IC's. Je kunt een eenvoudig apparaatje voor optelingen met losse transistors bouwen. Maar niet als je 1 miljoen of 1 miljard transistors nodig hebt. Zonder integratie is deze complexiteit, betrouwbaarheid en kosten efficiëntie gewoon niet haalbaar. Wij kunnen Piet en Marijke helpen met bulk optica, ook al zijn er duizenden Piet en Marijkes. Maar niet meer als zij hun DVD bestanden willen uitwisselen en dan met miljoenen tegelijk. En dan nog denken aan de computer-computer communicatie die steeds grotere bandbreedte vraagt.

Gaan we eens 125 jaar terug in de tijd. In afbeelding 4.a zien wij de trotse medewerkers van Siemens en de toenmalige Duitse PTT voor de eerste tele-

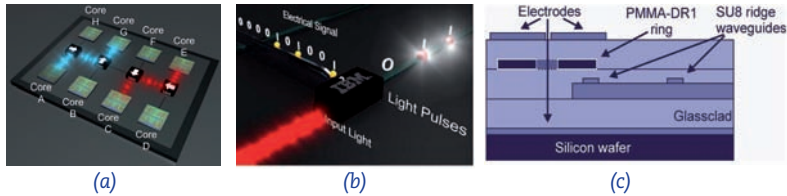
fooncentrale in Berlijn. De geïntegreerd optische versie van een schakel matrix met een oppervlak van $1.6 \times 1.2 \text{ mm}^2$ in plaats van de panelen van 1 m^2 - zie 4.b - kan tot 160 Gbit/s schakelen. Het werk hiervoor werd uitgevoerd door Edwin Klein [3] in het BSIK Broadband project en werd dit jaar bekroond met de Vederprijs.



Afbeelding 4: Foto's van een schakel matrix, (a) eerste handmatige elektrische telefooncentrale in Berlijn 1881; (b) geïntegreerd optische schakel matrix met afmeting $1.6 \times 1.2 \text{ mm}^2$ (Klein [3]).

In optische communicatie zorgt optica voor de verbinding tussen digitale IC's, of die nu op 1000 meter, 1000 kilometer of slechts enkele millimeter afstand liggen. Intussen zijn wij zo ver dat onze computers gebruik maken van dual-core, quad-core en multi-core processors. Daarbij worden dan multi-Gbit/s data op een neer gestuurd. De afstanden zijn klein, want de cores zitten in een enkele behuizing, maar met gewone elektrische geleiders heeft men binnenkort niet voldoende. IBM, bij voorbeeld werkt niet alleen aan optische verbindingen tussen computerkaarten (zie voordracht B.J. Offrein in het afscheidssymposium) maar ook aan verbindingen binnen een processor chip. Afbeelding 5.a geeft een impressie van de toekomstige multi-core chips, waarbij de afzonderlijke processors door middel van optische links verbonden worden [4]. Hiervoor is het nodig dat elektrische signalen overgezet worden in het optische domein. In het plaatje van IBM wordt hiervoor een zwarte doos gebruikt. In IOMS werd in twee recente promotie-onderzoeken [5], [6] aan modulatoren gewerkt die gebruik maken van elektro-optische polymeren. Dit is een bijzonder aantrekkelijke oplossing omdat polymeren bij lage temperaturen op bijna ieder substraat kunnen worden

aangebracht [7]. Hiermee wordt het mogelijk de optische laag bovenop een elektronische IC te plaatsen inclusief de golfgeleiders en hogesnelheids-modulatoren.



Afbeelding 5: Schematische voorstellingen van optische elementen voor hoge snelheid intra-chip verbinding; (a) overzicht van een 8-core processor met optische verbindingen (IBM); (b) omzetter - modulator - van elektrische digitale signalen in licht pulsen (IBM); (c) doorsnede van electro-optische modulator gebaseerd op een microresonator (Leinse [8]).

De omgeving verkennen met licht

Licht is een ideaal medium om informatie over de dichtbij zijnde of verre omgeving te verkrijgen. Ogen en hun elektronisch equivalent zoals CCD camera's vervullen daarbij een unieke rol. Maar licht bevat veel meer informatie dan de verdeling van kleuren over een bepaalde ruimte. Net werd al in het kort over Raman spectroscopie gesproken die het mogelijk maakt informatie over de lokale chemische of biologische omgeving te verkrijgen. Raman spectroscopie is een heel krachtige optische analysemethode. Maar daarnaast zijn er ook andere vormen van spectroscopie die additionele informatie verschaffen, door naar specifieke absorptie te kijken of met ultrakorte lichtpulsen te werken. Hiervoor worden traditioneel grote en dure precisie-apparaten gebruikt die alleen door specialisten kunnen worden bediend. Voor onderzoekslaboratoria is dit verder geen probleem, maar het heeft als gevolg, dat metingen die voor preventief medisch onderzoek of voor bewaking van het milieu wenselijk zijn, wegens de kosten niet of in zeer beperkte mate worden uitgevoerd. Intussen is de geïntegreerde optica zo ver ontwikkeld dat de eerste voorzichtige pogingen tot integratie en miniaturisering kunnen worden gedaan. Een voorbeeld is het IOP Photonic Devices [8] project Raman Pen die de ambitie heeft een reeds redelijk compact commercieel apparaat in grootte te reduceren tot een pen-achtig device, zie afbeelding 6.



Afbeelding 6: Raman systeem voor medische toepassingen: (a) commercieel apparaat; (b) toekomstig systeem: Raman pen (IOP Photonic Devices); (c) masker lay-out met teststructuren voor diverse geïntegreerd optische sensoren incl. de Raman pen ontworpen in het kader van ePIXnet [?]

In de bulk uitvoering bestaat een Raman-systeem uit verschillende onafhankelijke onderdelen: de lichtbron, lenssysteem, golflengte filter, spectrometer, detector en het signaal analyse systeem. In de bijdrage van onze groep gaat het om de integratie van het lenssysteem, golflengte filter en spectrometer. Hierbij komen direct twee aspecten naar voren: enerzijds de miniaturisatie met toepassing van micro en nanotechnologie en anderzijds de integratie tot een goed werkend systeem. Met deze twee aspecten zijn vanzelfsprekend twee of meer disciplines betrokken, de fysische aspecten (natuurkunde en ruimer science) en de systeemaspecten (elektrotechniek). Om tot creatieve oplossingen van technische problemen te komen zijn beide onmisbaar. In dit opzicht is het te begrijpen dat de cleanroom van het MESA+ instituut voor nanotechnologie vooral gepushed werd en nu nog steeds wordt door fysisch georiënteerde groepen van Elektrotechniek.

SiP en SoC

Boven werd reeds vermeld dat wij met de ontwikkeling conform de wet van Moore tot fantastische databewerking en opslag kunnen komen, maar dat voor bruikbare systemen meer nodig is. Wat men vooral van deze wet kan leren is dat de optimisten gelijk hebben en dat door integratie en massaproductie enorm goedkope en tegelijk betrouwbare oplossingen kunnen worden gevonden. Met geïntegreerde optica komt men zeker een stuk verder, maar die is vooral goed in datatransport, verkenning van de omgeving (sensoren) en ultrasnelle databewerking. En dan is er naast geïntegreerde optica en digitale elektronica ook micromechanica, microfluidica en analoge elektronica. Kunnen deze technieken niet verder worden geïntegreerd? Wat staat ons niet te wachten als nu complexe systemen uit die multidisciplinaire

ruimte tot één geheel kunnen worden geïntegreerd, maar dan niet volgens de wet van Moore, maar volgens een nieuwe roadmap die verder dan Moore gaat: more than Moore?

De eerste stappen in de deze roadmap zijn intussen wel bekend: het systeem in een behuizing of System in a Package (SiP) en daarna het System on a Chip (SoC). Om met SiP te beginnen is het goed te bedenken dat in de geïntegreerde optica 70% tot 80% van de uiteindelijke kosten in het packaging zit. Het is daarom enorm voordelig en komt tegelijk de betrouwbaarheid ten goede, als zo veel mogelijk binnen een enkele behuizing terecht komt. Het mooiste is natuurlijk als het hele systeem in een enkele behuizing zit. Ongeveer twee jaar geleden is STW met de voorbereiding van het programma SmartSiP begonnen. Doel daarvan is SiP te combineren met Embedded Systems (het moeten smart SiP's zijn). Samen met collega Bram Nauta is er een succesvol voorstel geschreven betreffende een optical Lab in a Package. Doel hiervan is geïntegreerde optica en state-of-the-art IC technologie te combineren. De uitdagingen zijn enorm, maar ook het uitzicht op nieuwe technologische doorbraken. Met de huidige miljoenen transistors per mm², die dan ook nog met multi-GHz snelheid werken is het mogelijk ultra-compacte complexe meetversterkers te ontwerpen inclusief een detector array. Deze zijn dan vast gekoppeld aan golfgeleiders en golflengte scheidende geïntegreerd optische structuren. De eerste toepassing hiervoor zal de boven genoemde Raman-pen zijn.

Voor wie zijn deze SiP's en straks SoC's van belang? Er is niet voldoende ruimte om nu een volledig toekomstscenario te ontvouwen. Maar misschien kan men omgekeerd vragen: wat zou ik nu graag willen weten? Denkt u maar aan wat voor een medicament en hoeveel ik nu moet gebruiken, bij voorbeeld in geval van diabetes? Is dit water of deze lucht voldoende schoon? Wordt mijn veiligheid bedreigd door bepaalde stoffen? Moet ik met mijn auto binnen 1 milliseconde remmen of van richting veranderen? Omgekeerd is ook nog de vraag, wat zou ik willen dat er nu gebeurt? De lichten in de kamer waar ik ben: aan, en waar niemand is: uit. De temperatuur aangepast aan mijn bezigheid. Dat iemand gewaarschuwd wordt en mij kan zien als ik onwel wordt. Men mag rustig zijn fantasie de vrije loop laten gaan, en toch zal men tekort schieten, net zo als niemand 40 jaar geleden eraan dacht waar nu de elektronische IC's zouden kunnen worden gebruikt. De werkelijkheid gaat vaak verder dan onze meest stoute dromen. Helaas soms ook verder dan onze nachtmerries.

Techniek en menselijke vooruitgang

Waarvoor is dat allemaal nodig? Hadden wij met onze technologie niet op het niveau moeten blijven staan van onze grootouders, bij voorbeeld de jaren twintig van de vorige eeuw? Hebben wij echt iedere paar jaar een nieuwe computer nodig, nog meer bandbreedte, nog meer snufjes thuis en in de auto? Een eerste antwoord hierop is dat het om een dynamisch systeem gaat. De grote uitdagingen en behoeftes van nu zijn anders dan die van gisteren en vragen om oplossingen waarvoor de technologie van nu en morgen niet kan worden gemist. Bij het energievraagstuk, bij voorbeeld, zal men een oplossing moeten zoeken in het vinden van nieuwe vormen van energieopwekking. De voorraad van fossiele brandstoffen is immers beperkt en de schaarste is nu reeds in de prijzen voelbaar. Men zou - met een optimistische visie op de recente geschiedenis - bijna geneigd zijn te denken, dat de mensheid een of twee eeuwen de tijd had om alternatieven voor de fossiele brandstoffen te ontwikkelen en dat het met de huidige kennis ook net op tijd zal lukken.

Een tweede antwoord is meer afhankelijk van de persoon die de vraag stelt. Misschien is de nieuwe technologie niet voor ieder individu nodig, vooral als die - zoals de meesten van ons in Nederland - tot de kleine groep bevoorrechten horen, die geen probleem hebben met voldoende voedsel, onderwijs tot in de 20, een uitstekende medische verzorging, adequate huisvesting en een goede nationale en internationale veiligheid. De meesten van onze tijdgenoten hebben op een of meerdere van deze punten helaas alle reden tot klachten. Als scholier, bijna een halve eeuw geleden, was ik onder de indruk van het feit dat een derde van de wereldbevolking onder de armoedegrens leeft. Iedereen was het ermee eens dat dit onaanvaardbaar is. Ondanks grote vorderingen voor bepaalde bevolkingsgroepen is aan dit percentage niet veel veranderd.

Wat kunnen wij hieraan doen, en wat heeft dat met technologie te maken? Ik denk dat zonder een verdere ontwikkeling van de technologie geen grootschalige verbetering mogelijk zal zijn. Een blik terug naar het verleden kan misschien verhelderend zijn. Een technologische omslag, namelijk de industriële revolutie, heeft algemene welvaart in een groot aantal industrielanden mogelijk gemaakt. Het is te verwachten dat geïntegreerde optica, en meer algemeen de microsysteem technologie met SiP's en SoC's een soortgelijke ingrijpende revolutie teweeg zal brengen die ons in staat zal stellen de huidige uitdagingen met succes aan te gaan. Het is natuurlijk geen automatisme, en met technologie alleen komt er nog geen duurzame oplossing in de boven genoemde knelpunten. Maar nog minder zullen wij dit

zonder de nieuwe technologieën kunnen doen.

Wat is er nog meer nodig? Het zijn twee aspecten: ethiek van de technologie, die ervoor zorgt dat technologie goed wordt gebruikt en persoonlijke ontwikkeling van de gebruiker, die de nieuwe technische mogelijkheden harmonieus in zijn leven als menselijke persoon dient te integreren. Hiertoe hoort de overtuiging dat techniek alleen voorwaarden kan scheppen voor een menswaardige existentie. Het diep menselijke geluk is immers niet met technische middelen en apparatuur alleen te verkrijgen.

Het is intussen de meesten wel opgevallen dat het percentage van studenten die techniek gaan studeren, in Nederland al jaren dalende is. Als je in Amsterdam, de stad waar ik nu woon en werk, rond gaat kijken, dan sta je verbaasd over al de mooie kantoor torens die daar verrijzen, zie afbeelding 7.a. Gebouwen als het nieuwe Nanolab (afbeelding 7.b) aan onze universiteit, zal je er minder ontdekken. In tegenstelling tot de UT zullen de gebouwen in Amsterdam gevuld worden door professionals met meestal een niet technische opleiding.



(a)



(b)

Afbeelding 7: Nieuwbouw (a) van kantoor torens rond Amsterdam WTC; (b) van het MESA+ Nanolab en Carré op de UT campus.

Is dat erg belangrijk? Ik ben ervan overtuigd dat met het ontwikkelen van de techniek een echte bijdrage geleverd kan worden aan de bovengenoemde grote uitdagingen. Ik denk ook dat de capaciteit van jongeren om enthousiast te worden over grote uitdagingen iets van alle tijden is. Men zou in de voorlichtingsactiviteiten daarom ook meer op de noodzaak van techniek kunnen ingaan voor het oplossen van vele van onze meest urgente

problemen en zo meer inspelen op de open en uitdagende visie van jongeren. Vanzelfsprekend dient een dergelijke voorlichting ook ondersteund te worden door het scheppen van een aantrekkelijk perspectief tijdens en na de studie.

Meer dan alleen techniek

Eerder werd al gesproken van technologische ontwikkelingen die verder dan de wet van Moore gaan, *more than Moore*. Er werd ook gesproken van dromen over de ontwikkeling die echter nachtmerries kunnen worden. Het is duidelijk dat techniek goed kan worden gebruikt, d.w.z. op een ethisch verantwoorde manier, of slecht. Daarbij gaat het niet alleen om misbruik door criminelen in individueel of collectief verband. Ook de goedwillende gebruiker, dient begeleid en opgevoed te worden om in alle vrijheid zonder afhankelijkheid ervan gebruik te kunnen maken. Nieuwe vormen van verslaving aan games of internet, bij voorbeeld, beginnen serieuze bedreigingen te zijn voor grote groepen jongeren en volwassenen. Een verdere ontwikkeling van techniek dient daarom samen te gaan met een verdere educatie tot steeds grotere menselijke rijpheid en vrijheid.

Hiermee komen wij van de wereld van de techniek bijna vanzelf tot de wereld van de ideeën, ideologieën en persoonlijke overtuigingen. Van de vorige eeuw heeft men kunnen leren dat bepaalde ideologieën, zoals het nationaal-socialisme of marxisme-leninisme, niet tot de gewenste vooruitgang kunnen leiden: dromen van een betere wereld werden nachtmerries met miljoenen slachtoffers. Wat zijn de alternatieven? In de eerste plaats ideologieën die aan iedere mens onvervreembare fundamentele rechten toekennen, en daarna overtuigingen die open staan voor realiteiten buiten het tastbare, zichtbare en meetbare en uiteindelijk ook voor een persoonlijke God. Ik heb voor mezelf reeds als student een keuze gemaakt in mijn overtuiging die ik in de daarop volgende jaren steeds meer trachtte te verdiepen en rationeel te onderbouwen. Iedereen dient uiteindelijk te kiezen, want ook het uitstellen van keuzes of het gewoon volgen van wat *men* denkt en doet is uiteindelijk een keuze. Maar de keuzes dienen goed onderbouwd te zijn om de gewenste uitwerking te hebben.

Tijdens de rede is er meestal ruimte voor een muzikaal intermezzo. Ook ik wil van die mogelijkheid gebruik maken om aan de hand van een muziekfragment te laten zien dat grote kunstenaars, in dit geval componisten, een boodschap hebben voor hun medemensen. En ik denk dat die boodschap actueel en relevant is voor de boven genoemde diep menselijke keuze. Het fragment is van Ludwig van Beethoven (1770 - 1827, zie afbeelding 8) die

waarschijnlijk tot de top drie componisten aller tijden behoort. Beethoven had een bewogen leven. Reeds voor zijn dertigste levensjaar had hij last van zware depressies en met 48 jaar was hij volledig doof. Desondanks werkte hij door aan nieuwe composities.



Afbeelding 8: Beethoven in een schilderij van Stieler (1820).

In 1824 werd zijn 9e en laatste symfonie voor het eerst opgevoerd. *Het was een onverwachte gebeurtenis: aan een symfonie, die de idee van de absolute muziek op de zuiverste manier naar voren moet brengen, wordt nu een tekst meegegeven. Het leek alsof de muziek te zwak was om dat tot uitdrukking te brengen wat eigenlijk tot uitdrukking zou moeten komen^[10].* Wat wilde Beethoven bereiken door naast zijn muziek een tekst van Schiller te gebruiken? Er zijn tal van tegenstrijdige interpretaties, en de meest uiteenlopende ideologieën hebben er dankbaar gebruik van gemaakt. Richard Wagner, bijvoorbeeld, dirigeerde in het revolutiejaar 1848 de negende en was kort daarna op de barricades te vinden: "Nun, Herr Kapellmeister, der Freude schöner Götterfunken hat gezündet" werd hem daarbij toegeroepen.

Als wij echter naar Beethovens eigen commentaar kijken ziet men dat de 9e symfonie een afspiegeling van een enorme innerlijke strijd is. Het eerste deel karakteriseert Beethoven zelf met wanhoop, een toestand die hij uit eigen ervaring kende in tijden van zware depressies. Het volgende deel, is alleen ietsjes blijmoediger, en beschouwt hij slechts als een klucht. Het derde gedeelte is te teder, te zacht. Pas in het vierde gedeelte met het motief van

de vreugde kunnen hij en het koor akkoord gaan. Deze symfonie componeert Beethoven vier jaar voor zijn dood, na jaren communicatieve eenzaamheid (zijn doofheid), depressies, continue ergernis met zijn neef en andere tegenslagen. Hoe kan de wanhoop worden overwonnen? Niet door de zinledigheid van een klucht en evenmin door de vlucht in de wereld van de gevoelens. Alleen door de vreugde kan dit, maar die moet een stevige basis hebben. Ik denk, dat Beethoven, zoals iedere echte kunstenaar, eerlijk is. Zijn muziek vertolkt wat hij denkt en als kunstenaar is hij in staat zijn boodschap adequaat door te geven. Laten wij nu eens luisteren naar zijn fundering:

*Seid umschlungen, Millionen!
Diesen Kuss der ganzen Welt!
Brüder, überm Sternenzelt -
Muss ein lieber Vater wohnen.*

*Laat je omhelzen, miljoenen!
Deze kus aan de hele wereld
Broeders, boven de tent van sterren
Moet een lieve vader wonen.*

*Ihr stürzt nieder, Millionen?
Ahnest du den Schöpfer, Welt?
Such ihn überm Sternenzelt!
Über Sternen muss er wohnen.*

*Vallen jullie neer, miljoenen?
Vermoed je de schepper, wereld?
Zoek hem boven de tent van sterren!
Boven sterren moet hij wonen.*

Het is aannemelijk dat wij hier dicht bij de persoon van Beethoven komen, die ondanks alles hoopt de aanwezigheid van een lieve vader te kunnen waarnemen [1].

Waarom dit muzikale intermezzo? In de loop van deze rede heb ik getracht het intrinsieke belang van technologie naar voren te brengen, niet alleen omwille van oppervlakkige economische ontwikkeling maar als noodzakelijke voorwaarde om de grote uitdagingen van nu en de toekomst aan te kunnen. Het werd ook duidelijk, dat techniek alleen nog niet voldoende is, de techniek moet ook in ieder opzicht goed worden gebruikt. Daarnaast dient de gebruiker voldoende rijpheid en oordeelsvermogen te ontwikkelen om zich in innerlijke vrijheid met behulp van techniek te kunnen inzetten voor de echt menselijke waarden. Het proces om het goede gebruik van nieuwe technieken te bevorderen en misbruik zo veel mogelijk uit te sluiten is complex en vraagt om een gedegen aanpak. Ethische bezinning en opvoeding zijn een essentieel onderdeel van deze aanpak. Maar uiteindelijk is dit weer gebaseerd op bepaalde wereldbeelden en veronderstellingen. En hier dienen dan belangrijke keuzes te worden gemaakt.

Verantwoorde keuzes veronderstellen kennis. En hier wil mijn verbazing uitspreken. Ik zie een enorm gebrek aan kennis en vaardigheid als het gaat de eigen visie en veronderstellingen intellectueel te verantwoorden. In de jaren op de UT heb ik regelmatig met kleine groepen studenten over filosofische en soms ook theologische vraagstukken gesproken. Het blijkt dat tijdens hun verblijf op school en universiteit de leerplannen heel weinig aandacht schenken aan de wetenschappen van de geest die het fundamenteel menselijke raken. Op deze wijze missen studenten en de toekomstige beleidsmakers het intellectuele gereedschap om rationeel en met een goed ontwikkelde intuïtie de grote vraagstukken van de menselijke samenleving aan te pakken. In plaats daarvan loopt men gevaar zich te beperken tot het herhalen van gemeenplaatsen of het uiten van gevoelens.

In Europa mogen wij dankbaar zijn voor de inspanningen van onze voorouders die tot de Europese cultuur hebben geleid. Het is daarbij opvallend dat de meerderheid van Europa's grootste uitingen van kunst, muziek en literatuur ingebed is in een christelijk wereldbeeld. Kan men zich van Beethovens negende, die overigens bij de UNESCO World Documentary Heritage hoort, een goed begrip vormen zonder kennis en begrip van zijn christelijke achtergrond? Zou het niet logisch zijn dat aan een universiteit als de onze een kennismaking met de christelijke cultuur mogelijk is of zelfs gestimuleerd wordt? Is de student van vandaag niet mondig genoeg om zelf de keuze te maken of hij het Europese en daarmee voornamelijk christelijke culturele erfgoed in zijn wereldbeeld wil integreren? Maar dan moet hij wel in die gelegenheid worden gesteld.

Hoe zou men dit gestalte kunnen geven? Ik denk dat aanraking met de wereld van de geesteswetenschappen voor een techniekstudent van groot belang is. Alleen zo zal hij/zij in staat zijn het oordeelsvermogen te ontwikkelen en bewuste keuzes te maken, die meestal op het terrein van de niet-technische disciplines liggen. Daarnaast, denk ik, dat een kennismaking met het christelijke wereldbeeld op academisch niveau als keuzevak binnen het gewone curriculum mogelijk zou moeten zijn. Men zou hierbij kunnen denken aan een minor christelijke cultuur maar ook aan een inleidend college over de relatie tussen ethische principes en wereldbeschouwing. Hiermee wordt het mogelijk gemaakt tot verantwoorde en rationeel gefundeerde keuzes te komen bij de evaluatie en introductie van nieuwe technologieën. Tegelijk zal op den duur de maatschappelijke discussie over concrete vraagstukken meer inhoud en diepgang kunnen verkrijgen.

Tot besluit

Na 20 jaar aan deze universiteit en 5 jaar als hoogleraar kan ik wel zeggen dat afscheid nemen niet zo makkelijk is. De stimulerende sfeer in de IOMS groep en de interactie met jonge mensen in onderzoek en onderwijs zal ik zeker missen. Het was dan ook geen eenvoudig besluit om een keuze tussen twee aantrekkelijke alternatieven te maken. Uiteindelijk heb ik voor mijn nieuwe functie gekozen en werk nu in Amsterdam in een bestuursfunctie buiten het gebied van de wetenschap. In overleg met mijn collega Markus Pollnau is er een compromis gevonden dat ik in de toekomst nog steeds enkele uren per week bij de begeleiding van lopende projecten betrokken zal zijn. Hiervoor mijn dank.

De IOMS groep is deel van een netwerk dat zich over faculteiten en instituten uitstrekt en verder tot andere academische instellingen in binnen en buitenland en daarnaast tot spin-offs en andere bedrijven. Ik kan dankbaar terugzien op de jaren van samenwerken binnen de UT. Vanzelfsprekend was er soms verschil in visie maar altijd meende ik een oprechte inzet voor de gemeenschappelijke UT-doelen te hebben kunnen ontdekken. De samenwerking met bedrijven is meer dan het voldoen aan lastige voorwaarden van de subsidiegever. In de inhoudelijke discussie met industriële contacten leer je realistische en tegelijk ambitieuze onderzoeksdoelen te formuleren en verder uit te werken. Tegelijk verhoog je met de resulterende samenwerking de kritische massa die nodig is voor een technologische doorbraak. Hans van de Vlekkert en René Heideman (LioniX), Marcel Klein Koerkamp en Paul Lambeck (Optisense), Paul van Dijk en Rudy Pellens (ASML), Gerwin Puppels (River Diagnostics), Edwin Kolkman en Rob Legtenberg (Thales), Bert Jan Offrein (IBM Zurich) om maar enkelen te noemen: bedankt!

Wat de subsidiegevers betreft wil ik vooral dankbaar vermelden: STW, STW SmartSiP, SmartMix MEMPHIS, IOP Photonics (SenterNovem/STW), BSIK Freeband en ePIXnet.

Met de wetenschappelijke staf van onze leerstoel, Markus Pollnau, Hugo Hoekstra, Kerstin Wörhoff en René de Ridder werd het onderzoeksbeleid en (project) administratie doorgenomen. Gelukkig was er ook tijd met promovendi (Gamar Hussein, Arne Leinse, Douwe Geuzebroek, Ronald Dekker, Edwin Klein, Murali Balakrishnan, Jing Yang, Nur Ismail) en studenten over inhoudelijke aspecten te spreken en zelfs bij de experimenten aanwezig te zijn. In het bijzonder het laatste zal ik wel missen. Hierbij is ook de bijdrage van de technici Gabriel Sengo, Anton Hollink, Lucy Hilderink, Henk van Wolferen en ook van Henri Kelderman van grote waarde en ook het moeilijk voldoende te waarderen werk van onze secretaresse Rita ter Weele. Hun

allen ben ik oprecht dank verschuldigd.

Twee van de recente STW projecten zijn gebaseerd op ideeën van Mart Diemeer en zijn ook door hem geschreven. Helaas werd zijn tijdelijke aanstelling aan de UT wegens administratieve regelgeving niet verder verlengd. Ik ben hem dankbaar voor zijn werk hier aan de UT en dat de betrokken promovendi ook daarna in zijn nieuwe betrekking met specifieke vragen bij hem terecht konden.

Ook wil ik de organisatoren en sprekers van het afscheidssymposium danken.

Ein letztes Dankwort gilt meinen Eltern, Willi Driessen, Marianne Driessen-Franke, und Marta Driessen-Laus, die leider diesen Tag nicht erleben konnten, und meinen Geschwistern Werner und Ruth. Weiter danke ich meinen Verwandten, die für diese festliche Gelegenheit nach Enschede gekommen sind.

Mijnheer de Rector Magnificus, dames en heren,
ik dank u voor uw aandacht,
Ik heb gezegd.

[¹] zie <http://www.intel.com/museum/>

[²] A. Driessen, D.H. Geuzebroek, E.J. Klein, R. Dekker, R. Stoffer, C. Bornholdt, *Propagation of short lightpulses in microring resonators: Ballistic transport versus interference in the frequency domain*, *Optics Com.* 270, pp. 217-224 (2007).

[³] E.J. Klein, *Densely integrated microring resonator based components for fiber-to-the-home applications*, Ph.D. Thesis, Aril 11, 2004, University of Twente, Enschede, The Netherlands.

[⁴] zie <http://www-03.ibm.com/press/us/en/photos.wss>

[⁵] A. Leinse, *Polymeric microring resonator based on electro-optic modulator*, Ph.D. thesis, May 27, 2005, University of Twente, Enschede, The Netherlands.

[⁶] M. Balakrishnan, M. Faccini, M.B.J. Diemeer, E.J. Klein, G. Sengo, A. Driessen, W. Verboom, and D.N. Reinhoudt, *Microring resonator based modulator made by direct photodefinition of an electro-optic polymer*, *Appl. Phys. Lett.* 92, 153310 (2008).

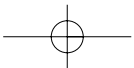
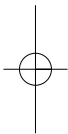
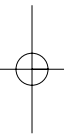
[⁷] M.B.J. Diemeer, L.T.H. Hilderink, R. Dekker, and A. Driessen, *Low-Cost and Low-Loss Multimode Waveguides of Photodefinable Epoxy*, *Phot. Techn. Lett.*, 18, pp 1624-1626 (2006).

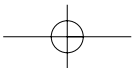
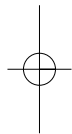
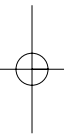
[⁸] Innovatief Onderzoeks Programma (IOP) van SenterNovem and STW, zie http://www.senternovem.nl/iop_photonicdevices/index.asp

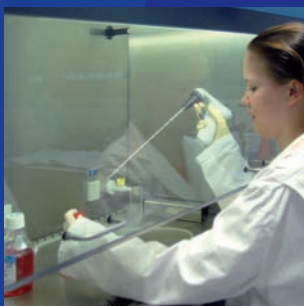
[⁹] Network of Excellence ePIXnet, <http://www.epixnet.org/>

[¹⁰] Konrad Paul Liessmann, *Musik und Ideologie: Beethovens Neunte Symphonie, Vortrag im Wiener Konzerthaus am 8. November 2001.*

[¹¹] O. Baensch, *Aufbau und Sinn des Chorfinals in Beethovens neunter Symphonie*, Berlin 1930.







Universiteit Twente
de ondernemende universiteit