

## Voordrachten opening academisch jaar 2000/2001 Technische Universiteit Eindhoven, uitgesproken op 4 September 2000

**Citation for published version (APA):**

van Duinen, R. J., & Rem, M. (2000). *Voordrachten opening academisch jaar 2000/2001 Technische Universiteit Eindhoven, uitgesproken op 4 September 2000*. Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/2000

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

**TU/e**

technische universiteit eindhoven



**Opening  
Academisch Jaar  
2000-2001**

---

Voordrachten  
Opening Academisch Jaar 2000/2001  
Technische Universiteit Eindhoven

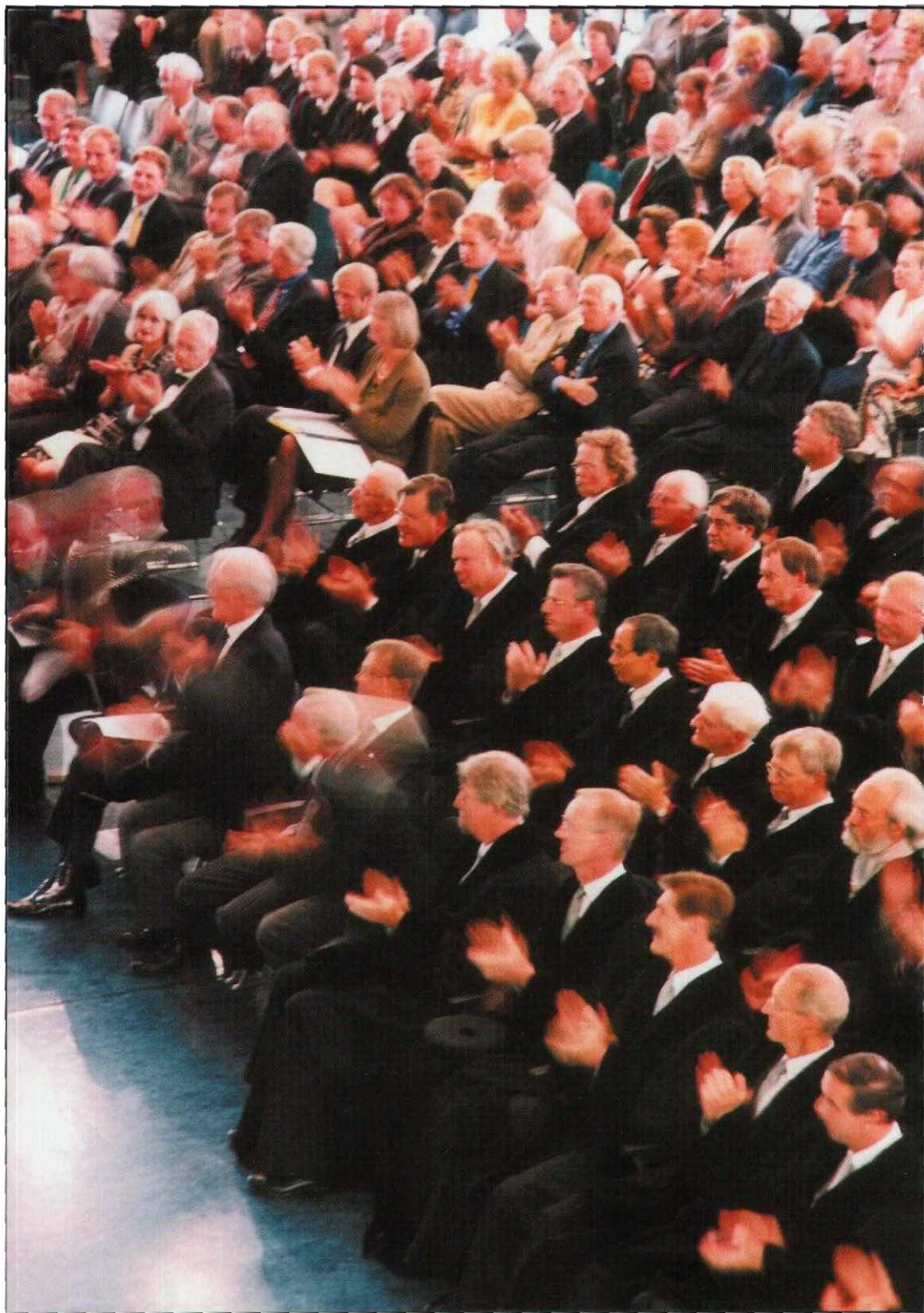
Uitgesproken op 4 september 2000

**dr. Reinder J. van Duinen**

Voorzitter Nederlandse Organisatie voor  
Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en  
President European Science Foundation (ESF)

**prof.dr. Martin Rem**

Rector Magnificus TU/e



---

Voordracht bij de Opening Academisch  
Jaar 2000/2001 van de  
Technische Universiteit Eindhoven

**Dr. Reinder J. van Duinen**  
Voorzitter Nederlandse Organisatie voor  
Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en  
President European Science Foundation (ESF)

# Het werk van de ingenieur

*“Waren de Technische Universiteiten nog maar gewoon Technische Hogescholen”.*

Deze verzuchting kwam bij mij op naar aanleiding van de weer opbloeiende discussie rond het begrip academische vorming. En in verband daarmee de kwestie rond het al of niet handhaven van het binaire stelsel. Toegespitst op de opleiding van technici: wat onderscheidt een academisch gevormd ingenieur van een HTS'er? En in hoeverre is dat onderscheid nog relevant, zeker in de internationale context en na de “Bologna-verklaring”? Allemaal interessante vragen, die ik hier niet zal behandelen, maar waarmee het bestuur van deze instelling zich naar ik aanneem wel heeft bezig gehouden, en dat vandaag de dag wel weer zal doen aan de hand van het in juli verschenen rapport van de commissie Rinnooy Kan over de invoering van het bachelor/master stelsel

# Het werk van de ingenieur



in Nederland. Daarmee is de behandeling van dit vraagstuk in goede handen en ik zal u er vandaag niet mee lastig vallen.

Wel echter met een onder de zojuist kort aangegeven problematiek liggende vraag die ik wezenlijk acht voor de strategische positionering van deze instelling en voor een aantal aspecten van de inrichting van het onderwijs en het onderzoek: waar houdt de ingenieur zich vandaag mee bezig? En in de toekomst? Welke toerusting geven we hem mee?

Vroeger was het allemaal zo eenvoudig. De dijken moeten niet doorbreken. Vliegtuigen moeten veilig vliegen, opstijgen en landen. Auto's en treinen moeten veilig rijden. Op de stroomvoorziening in onze huizen, ziekenhuizen en kantoren moeten we blind kunnen vertrouwen. Woonhuizen en flatgebouwen moeten blijven staan ook in de vliegende storm en de brug mag niet inzakken. De destilleerkolom moet niet ontploffen. Allemaal ingenieurswerk, niks aan de hand. De jongelui aan de toenmalige Hogescholen werden opgeleid om deze taak met kennis van zaken aan te pakken. Ze kregen op grond van een gedegen opleiding het vertrouwen van de samenleving dat het ontwerp van dergelijke ook kritieke systemen aan hen kon worden overgelaten. De ingenieur stond voor zijn ontwerp, voor de kwaliteit van zijn berekeningen; de opleiding en het op grond daarvan verstrekte diploma stond garant voor zijn technische en - mogen we hopen - morele toerusting.

Is deze schets correct? Bij benadering zou ik zeggen. Voor zover er het beeld in zit dat men met de titel op zak meteen op de door mij geschetste wijze aan de slag kon, klopt dat niet. Het duurde bij Fokker toch wel een jaar of vijf voordat de gemiddelde ingenieur werd 'losgelaten' op de echte ontwerp-problemen bij de ontwikkeling van vliegtuigen of varianten van bestaande typen. Tot die tijd moest hem of haar nog een hoop worden geleerd en ook veel worden afgeleerd. 'Dat doen wij hier anders, en ik zal uitleggen waarom', kreeg de jonge ingenieur meer dan eens te horen. Waar het vooral aan ontbrak was het besef dat een vliegtuig een complex en samenhangend geheel van functies vertegenwoordigt.

Men kan niet ongestraft hier iets veranderen zonder zich te realiseren dat deze wijziging - die in het betreffende sub-systeem zeer redelijk is - elders mogelijk vergaande consequenties heeft. Dit besef dringt bij de meesten pas na verloop van jaren door; tot dat het geval is geldt het beeld dat de motorspecialist heeft van een vliegtuig als "an airframe wrapped around the engine". Deze beperkte kijk op een vliegtuig als



een samenstelsel van onafhankelijke subsystemen vormde een probleem tijdens de verdediging in een rechtszaak, aangespannen tegen Fokker door de nabestaanden en de overlevenden van een ongeluk met een F-28 op het vliegveld La Guardia in New York. In die zaak werd ik gehoord. Het toestel was kort tevoren geland en na het uit- en instappen van passagiers weer opgestegen met een bemanning die al een flink aantal vliegreuen achter de rug had op die dag. Het sneeuwde. Daarom werd het toestel voor de start ontijds. Maar daarna ging er iets mis: de motor van de ontijzingsstruck wilde niet starten. Het duurde 20 minuten voordat het ding weer aan de praat was. Gevolg: noodzaak tot opnieuw met ontijzings-vloeistof - een water glycol mengsel - de vleugel schoon spuiten. Met vertraging vertrok het vliegtuig alsnog. De start, het sneeuwde gedurende deze hele tijd voortdurend, vond plaats ca. 35 minuten na het ontijzen, te laat, zoals zou blijken. Onder de heersende weersomstandigheden is de houdbaarheid van het gebruikte mengsel zo'n 20 minuten. Bij de start was de aërodynamische vorm van de vleugel door ijsvorming zodanig verstoord dat het toestel geen hoogte kon winnen. Nog tijdens de start raakte het vliegtuig overtrokken en crashte in het water bij La Guardia.

Onder vigeur van het voor deze zaak geldende recht hadden de advocaten van de eisende partij in de kantoren van Fokker op Schiphol duizenden documenten opgespoord. Een ervan - een memorandum van een van onze ingenieurs - stelde voor om de vleugel van het nieuw te ontwerpen vliegtuig dat later de F-28 zou worden, van slats te voorzien; dat zijn kleppen aan de voorrand van de vleugel die er toe dienen het vliegtuig bij lage snelheid in start en landing extra draagvermogen te geven. Na afweging van voor- en nadelen besloot het ontwerpteam op goede gronden ook deze keer weer terug te grijpen op de traditie van de dikke vleugel die Fokker met veel succes op eerdere ontwerpen had toegepast; de discussie eindigde destijds in het besluit de suggestie voor de toepassing van slats niet over te nemen. In de afweging speelde vooral dat slats voor een dikke vleugel nauwelijks voordelen en veel nadelen hebben: een gecompliceerd mechanisme, onderhoudsgevoelig en zwaar. De advocaten van de eisers in de rechtszaak die tegen Fokker werd aangespannen door slachtoffers van het ongeluk baseerden hun claims op een ontwerpfout: de vleugel van de F-28 zou extreem gevoelig zijn voor ijsvorming, alle vergelijkbare vliegtuigen, zoals de Boeiing 737, hadden slats, de F-28 niet. Toepassing ervan was wel overwogen, zoals ze uit de documenten hadden opgemaakt, maar om financiële of andere

De in deze uitgave getoonde foto's  
zijn alle gefotografeerd tijdens de  
Opening Academisch Jaar 1999 - 2000



redenen was van deze mogelijkheid afgezien met het fatale ongeluk tot gevolg. Bij onze verdediging kwam het er op neer aan te tonen dat voor het totale systeem, inclusief de vliegveiligheid de gekozen oplossing niet slechts gelijkwaardig maar voor de vliegomstandigheden waaronder korte afstand vliegtuigen zoals de F-28 moeten werken, zelfs superieur was (en is) ten opzichte van andere ontwerpen. Toevoeging van een extra mechanisme betekent immers dat ook rekening moet worden gehouden met de mogelijkheid van falen, zowel van het mechanisme als van de vlieger, met gevolgen voor de vliegveiligheid. De vleugel met een dikke voorrand heeft uit zichzelf al een hoger draagvermogen bij lage snelheid, weliswaar ten koste van wat extra weerstand in de kruisvlucht, maar dat is voor een korte-afstandsvliegtuig dat voornamelijk in stijg- of daalvlucht is nauwelijks een economisch nadeel. IJsvorming is voor elke vliegtuigvleugel met een relatief korte koorde, derhalve vooral voor kleinere vliegtuigen, een ernstig probleem: de omstroming van de vleugel verandert zodanig dat de 'lift' drastisch afneemt. Ook bij grote vliegtuigen leidt dit verschijnsel tot rol-instabiliteit tijdens de start. Alle vliegtuigproducenten waarschuwen in hun instructies voor de gevaren



# Het werk van de ingenieur

van ijsvorming op vleugels en staarten; het is een van de onderwerpen die in de voorlichting aan luchtvaartmaatschappijen en piloten voortdurend onder de aandacht wordt gebracht. Het eind-oordeel van de NTSB (zeg maar de Transport Ongevallen Raad van de USA) was dan ook: "Failure of the airline industry and the FAA to provide flight crews with procedures, requirements and criteria compatible with departure delays in conditions conducive to airframe icing and the decision of the flight crew to take off without positive assurance that the airplane's wings were free of ice accumulation after 35 minutes of exposure to precipitation following de-icing. The ice contamination on the wings resulted in an aerodynamic stall and loss of control after liftoff. Contributing to the cause of the accident were the inappropriate procedures used by, and inadequate coordination between, the flight crew that led to a rotation at a lower than prescribed airspeed".

Ik heb met dit voorbeeld het eigenlijke onderwerp van mijn bijdrage aan deze opening van het academisch jaar willen neerzetten. Het gaat over het "werk van de ingenieur", en in het bijzonder over zijn of haar verantwoordelijkheid. Deze verantwoordelijkheid strekt zich uit over een groter domein dan waar hij of zij zich direct mee bezig houdt of waar zijn of haar specialisatie ligt. Betrok ik in mijn voorbeeld het samenspel in het systeemontwerp tussen aërodynamica van de vleugel, de vliegeigenschappen, het onderhoud, de pre-flight procedures zowel aan het vliegtuig alsook van het vliegveld en de economie van het gebruik van het vliegtuig, in feite gaat het nog verder: ook in de marketing van een product, bij de maatschappelijke acceptatie en bij de vormgeving aan een duurzame samenleving speelt de techniek en daarmee het werk van de ingenieur een beslissende rol. Een vliegtuig mag dan een extreem voorbeeld van systeem integratie zijn, in heel veel andere gebieden, zoals bij het ontwerp van chemische fabrieken, bruggen en software systemen komt bij het werk van ingenieurs de noodzaak tot synthese aan de orde. De bijdrage van de ingenieur aan het tot stand brengen van artefacten berust op zijn kennis van de technologie; de basis van zijn of haar uitspraken berust op de wetenschappelijke fundering van de techniek. Daarbij is het van grootste belang dat de grenzen van wat wel en niet mogelijk is nauwkeurig in het oog worden gehouden. Te weinig "geloof" in technologische ontwikkelingsmogelijkheden sluit commercieel interessante opties uit; te veel risico nemen leidt tot te hoge ontwerpkosten of tot het einde van het project of zelfs tot de ondergang van de onderne-



ming. Tegelijk geldt dat het ontwerp van artefacten alleen succesvol is als ze ook daadwerkelijk worden gebruikt en geaccepteerd. Een ontwerp, hoe goed ook in zijn techniek, dat gebruiksonvriendelijk is of te duur, zal op den duur geen succes hebben. De veelbesproken 'kloof' tussen techniek en marketing illustreert dit punt; maar ook die tussen een functioneel adequaat en maakbaar ontwerp en een technisch hoogstandje dat te fraai en te duur is voor het doel waarvoor het is bedacht. Veelzeggend was de reactie van ontwerpers en ingenieurs van een Europees auto-topmerk op het ontwerp van de eerste Japanse concurrent op 'hun' terrein, de Lexus: 30% minder onderdelen en een evengoede of betere auto.

Maar het gaat verder. Vandaag de dag liggen de eisen aan een product of dienst ook in domeinen als het effect ervan op het milieu en op hergebruik en op algemene maatschappelijke effecten. En daarmee zijn we aangeland op het veel bredere terrein van de relatie tussen techniek en samenleving, of misschien juister, tussen wetenschap en samenleving.

Hoe is het daarmee gesteld? Naar mijn oordeel niet best. Het tijdperk van schier onbegrensd vertrouwen in de wetenschap en in de techniek die daaruit voortkomt, ligt nu toch wel definitief achter ons. Dat onbegrensd vertrouwen in techniek en wetenschap, het op de 'zegeningen' van de techniek gebaseerde vooruitgangsgeloof, is omgeslagen in twijfel, ja zelfs wantrouwen. Weliswaar blijkt telkens weer dat 'het publiek' verwacht dat de oplossingen van grote problemen - zoals het vraagstuk van de voeding van straks 10 miljard mensen, het probleem van de opwarming van de atmosfeer en de oceanen als gevolg van de toepassing van fossiele brandstoffen - gevonden moet worden in de wetenschap en de techniek, toch blijkt tezelfdertijd dat rond de toepassing van specifieke technologieën de twijfel omtrent de maatschappelijke effecten toeneemt. De recente discussies rond de ontcijfering van het menselijk genoom illustreren dat. Enerzijds klinkt er iets door van triomf, van euforie zelfs, over het bereiken van deze mijlpaal. Anderzijds is er toch vooral veel zorg, zoals onlangs nog weer eens bleek uit een interview in de NRC met de fractieleider van D66 in de Tweede Kamer. Zorg over de ethische en morele aspecten van de toepassing van kennis en van technologie die op genetische informatie rust, zorg over de nog onbekende effecten van genetisch gemodificeerd voedsel. De grootschalige ongelukken als Bopal, Harrisburg, Chernobiel, voeden de vrees van het publiek over de kennelijk onbegrensde macht van de techniek. De grootschalige toe-

# Het werk van de ingenieur

passing van kernenergie als, weliswaar voorlopige en gedeeltelijke, oplossing voor het probleem van klimaatverandering, is vandaag de dag niet meer mogelijk. De logica mag aan deze stellingname ontbreken, feit is dat met Harrisburg en Chernobiel aan deze optie een einde is gekomen. Evenzeer dreigt het risico dat het toepassen van genetisch gemodificeerde gewassen als een mogelijke oplossing van het wereldvoedselprobleem zal worden tegengehouden door een ongelukkige lancering van de eerste producten van deze technologie. Enschede laat zien dat op de rol van technici als toezichhouders niet zonder meer mag worden vertrouwd. Op kleinere schaal ergeren burgers zich aan de maar steeds voortrazende dominantie van de techniek, en van de onpersoonlijking die daarvan het gevolg is. Men ergert zich aan het geforceerde gebruik van geldautomaten, het irritante gebruik van mobiele telefoons in publieke gelegenheden, de videocamera's die de privacy schenden, geluid- en stankoverlast van auto- en vliegverkeer, het doordringen van de geautomatiseerde overheid in ons privé-leven. We zijn bezorgd over de effecten van de nieuwste inzichten in het ontstaan van erfelijke ziekten, willen we eigenlijk alles wel weten? En als we het weten zouden we er dan een beter leven door hebben?

We leven in een democratie, we beslissen over ons eigen lot en toch hebben we geen enkele controle over de techniek die in toenemende mate ons leven beheerst, geen zeggenschap over de drijvende krachten achter de veranderingen in onze samenleving. De wetenschap en de techniek lijken ons te vervreemden van de mysteries van leven en dood, voor sommigen betekenen de nieuwste inzichten in de moleculaire basis van het leven een bedreiging voor hun geestelijk leven. De relatie tussen wetenschap en techniek en de samenleving is niet langer onverdeeld gelukkig.

Daarbij speelt dat de positie van de professionele kennisdrager verregaand is afgekald. Het is nog niet lang geleden dat het vragen van een second-opinion voor een medisch probleem als onbehoorlijk werd beschouwd. Wat de professor schreef was 'waar', totdat bleek dat voor het verkondigen van een tegengestelde opvatting ook een professor kon worden ingehuurd. Deze 'democratisering' van de toegang tot kennis is in beginsel een goede zaak, al kan men in medische kring de verzuchting vernemen dat wel erg veel tijd kost de patiënt met een stapel uitdraaien van op het Internet verzamelde informatie, weer gerust naar huis te

sturen. Maar ook het feit dat er tegenwoordig in iedere familie wel een gestudeerde neef of nicht te vinden is, helpt om het respect voor de autoriteit van het diploma te doen verminderen. Tegenwoordig weten we dat ook ingenieurs fouten maken, zoals bij het rekening houden met kruip in beton, die te zien en te voelen is bij alle dromedaris bruggen die in Nederland zijn gebouwd in de zestiger en zeventiger jaren. Of bij het slingeren van de nieuwe brug in Rotterdam en recent in Londen. En als dan blijkt dat de geluidsbelasting door vliegvelden niet wordt gemeten maar wordt berekend, komt ook het vertrouwen in de technici als regelgevers in het geding.

Het gevolg van de zojuist geschetste ontwikkeling is dat de plaats en functie van de wetenschap en de techniek in de samenleving niet langer wordt bepaald door optimisme en vooruitgang. De deskundigheid van woordvoerders wordt ter discussie gesteld. Single issue bewegingen mobiliseren hun eigen deskundigen, die met evenveel overtuigingskracht het tegendeel beweren van wat de overheid of de ondernemingen poneren. Er is voortdurend en aanhoudend twijfel over de juiste koers, de houdbaarheid van het idee, zeker ook in het licht van nieuwe inzichten en vragen. Wie zou er in het bedrijfsleven overleven als hij of zij zou zeggen dat het project wel door moet gaan omdat een kwart van de kosten al zijn gemaakt, hoewel intussen blijkt dat de investering zijn geld nooit zal opleveren en de beloofde milieueffecten ook al niet positief zijn? Daarbij spelen in toenemende mate kwesties die nog maar kort geleden geheel over het hoofd werden gezien. Het heeft lang geduurd voordat de door de Club van Rome aangeslingerde discussie over milieueffecten heeft geleid tot hanteerbare begrippen en meetbare doelen waaraan ontwerpen kunnen worden getoetst. In het publieke debat worden niet alleen rationale argumenten in de strijd geworpen, andere beoordelingsgrondslagen worden meegenomen. Het is als het gebouw: het stort niet in en waait niet om, en als het regent zit je binnen droog, dat alles spreekt vanzelf, waar het om gaat is het oordeel van de opdrachtgevers en gebruikers over de niet-technische aspecten van het ontwerp: is het mooi of lelijk, prettig of onprettig om in te werken, makkelijk of moeilijk te bereiken. Niet uitsluitend de technische opvatting van functionaliteit telt, maar vele en andere factoren bepalen of de architect en de bouwers hun werk goed hebben gedaan.

## Het werk van de ingenieur



Het lijkt er op dat vandaag de eisen die gesteld worden aan het werk van de ingenieur verder gaan dan in de 'oude economie' het geval was. Niet alleen moet het ontwerp voldoen aan functie-eisen die een breder scala van de techniek en economie omvatten dan vroeger het geval was, maar er moet veel meer dan vroeger rekening worden gehouden met allerlei eisen die op het eerste gezicht niets te maken hebben met het ontwerp als technisch artefact. Dat maakt dat veel meer dan vroeger rekening gehouden moet worden met de invloed van de bredere omgeving op het gebruik en de toepassing van het denkwerk van de ontwerper. Daarmee neemt de kennisintensiteit van het ontwerp-proces in breedte en in diepte toe, en daarmee ook de daaraan verbonden risico's, hetgeen de hedendaagse ingenieur voor grotere en naar mijn stellige overtuiging boeiender uitdagingen plaatst.

Het is deze toegevoegde dimensie aan het werk van de hedendaagse en toekomstige technicus die wij veel beter over het voetlicht moeten brengen. Niet alleen omdat het vak werkelijk en aanmerkelijk veranderd is, zodat opleiders moeten worden uitgedaagd voor deze nieuwe genera-

## Het werk van de ingenieur



ties de juiste scholing aan te bieden, maar ook om er in te slagen het vak voor de huidige generatie en, zeg ik er nadrukkelijk bij, voor vrouwen, weer aantrekkelijk te maken. Immers deze opvatting over het werk, met overtuiging en bezieling vertaald in het curriculum, hoe ook in bachelors en masters fasen ingericht, beperkt het vak niet tot platte techniek alleen, maar laat allerlei andere aspecten van de maatschappelijke omgeving daarin doordringen. De geschetste ontwikkeling in de functie-eisen laten zich in het curriculum niet vertalen in een paar studiepunten wetenschapsfilosofie of bedrijfseconomie, maar moeten als attitude worden aangeleerd en geoefend in een uitdagende omgeving met een realistische dimensie voor wat de latere beroepspraktijk betreft. Ik leid daaruit af dat de academisch gevormde ingenieur voortdurend tijdens de opleiding de grenzen moet leren verkennen in zowel de technisch wetenschappelijke dimensie als in de maatschappelijke dimensie. Daarom de noodzaak om tijdens de opleiding voortdurend het ontwerpen te oefenen en daarnaast - in ieder geval gedurende een flinke periode - intensief te participeren in technisch-wetenschappelijk onderzoek. Niet om onderzoeker te worden, al moet dat niet op voorhand worden uitgesloten maar vooral om de grenzen te leren zien, de fysische en of chemische basis van de techniek te onderkennen en daarmee de mogelijkheden en onmogelijkheden van de technologie te leren herkennen. Daarom ook de noodzaak steeds te oefenen in synthese. Synthese is het wezenskenmerk van het werk van de ingenieur. Dat argument heeft er destijds toe geleid dat de opleidingsduur weer van vier naar vijf jaar kon worden teruggebracht want synthese, of ontwerpen, moet in een leeromgeving worden aangeleerd. Juist in een leeromgeving bestaat de mogelijkheid te schakelen tussen diepgaande analyse van deelproblemen, verdiept door onderzoek, en de synthese van het totaalontwerp, zoveel mogelijk in een realistische maatschappelijke context. Er zijn daarbij twee rollen te onderscheiden. In de ene wordt van de toekomstige ingenieur verwacht dat hij of zij bijdraagt aan een oplossing op basis van de specifieke kennis waarover hij of zij beschikt: integratie. In de andere rol wordt vanuit inzicht in de techniek en mogelijke oplossingsrichtingen de analyse van opties uitgevoerd en een werkend en haalbaar ontwerp geconcipeerd dat in deeloplossingen door specialisten moet worden vormgegeven. De leeromgeving is essentieel omdat deze de gelegenheid biedt tot het maken van fouten. In een situatie waarbij dan bovendien sprake is van sterke interactie met anderen die zich met verschillende aspecten van het probleem bezig houden, inclusief de maatschappelijke, ontstaat de kans om ook de bij



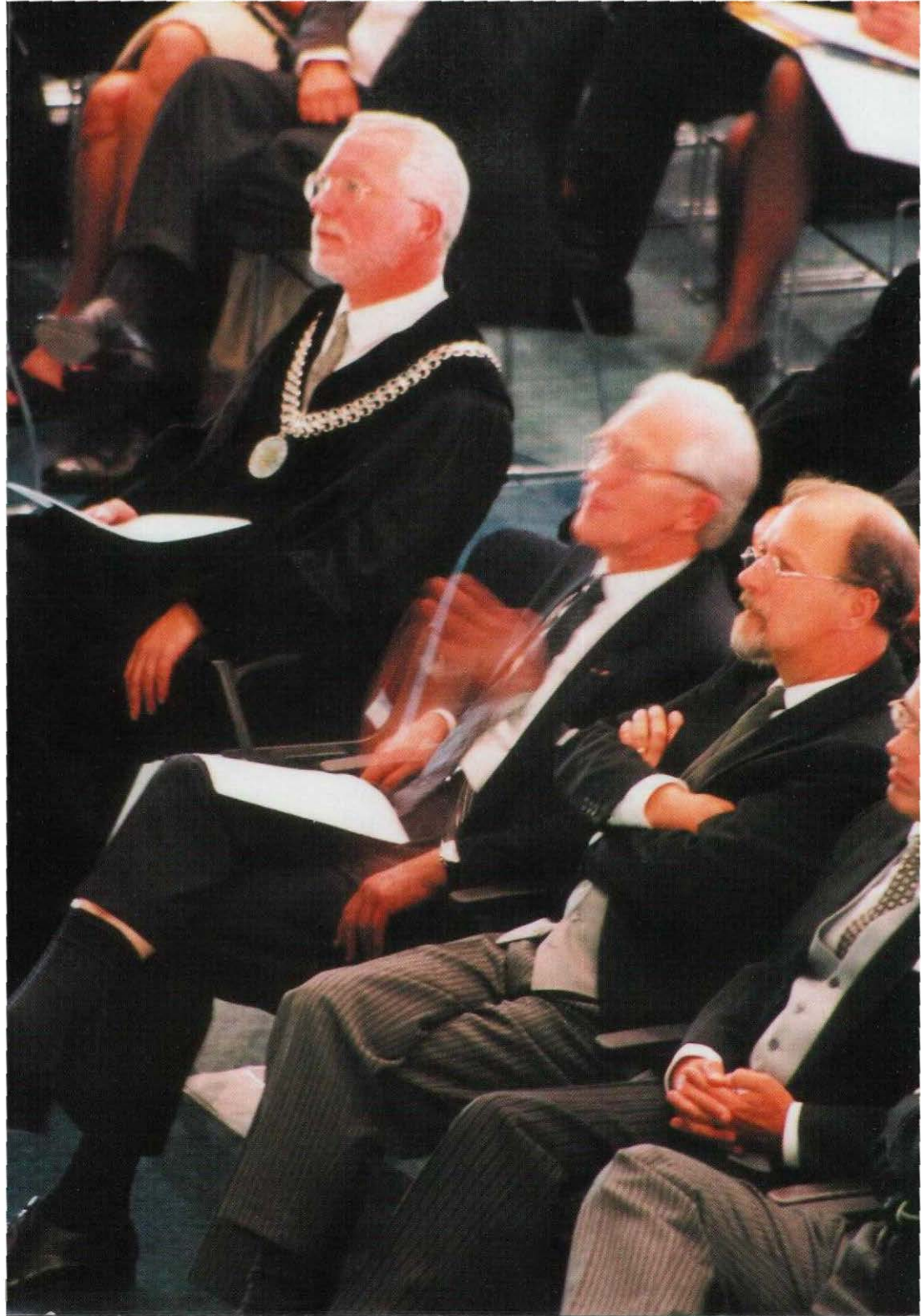
oplossing van complexe opdrachten en vraagstukken de zo belangrijke sociale vaardigheden intensief te oefenen.

Dames en Heren, ik sluit af.

Ik heb u de uitdaging trachten te beschrijven waarvoor de techniek en vooral de beoefenaren daarvan zich in de hedendaagse maatschappelijke omgeving zien gesteld. In een wereld waar complexe vraagstukken om een oplossing vragen en de invloed van de techniek sterker en meeromvattend wordt, dienen wij er ons meer dan ooit van bewust te zijn dat techniek niet op zichzelf staat maar altijd in een ruimer verband moet worden toegepast. Dat maakt het werk van de technicus meer omvattend dan techniek alleen; de beroepsuitoefening complexer en de verantwoordelijkheid groter. Herdenken van de rol van de ingenieur is aan de orde en daarmee de vormgeving van de opleiding. Daar ligt een taak voor het bestuur en de opleiders van deze en van de andere Technische Universiteiten in ons land.

Ik heb gezegd.

**Dr. Reinder J. van Duinen** (1940) is Voorzitter van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek en President van de European Science Foundation. Na zijn promotie tot doctor in de natuurkunde (1969) is hij werkzaam geweest aan de Rijksuniversiteit Groningen bij de werkgroep Ruimteonderzoek. In die periode heeft hij meegewerkt aan de bouw van twee Nederlandse satellieten: ANS en IRAS. Van 1982 tot 1995 was hij werkzaam bij de NV Koninklijke Nederlandse Vliegtuigenfabriek Fokker; eerst als directeur van de ruimtedivisie en vanaf 1988 als vice-voorzitter van de Raad van Bestuur.





---

Voordracht bij de Opening Academisch  
Jaar 2000/2001 van de  
Technische Universiteit Eindhoven

**Prof.dr. Martin Rem**  
Rector Magnificus TU/e

**3 + 2 = 5**

Er zijn, dames en heren, jonge universiteiten en oude universiteiten. In 1998 vierde de Sorbonne, de beroemde universiteit van Parijs, haar 750-jarig bestaan; duidelijk een oude universiteit. Bij die gelegenheid ondertekenden op 25 mei 1998 de onderwijsministers van Frankrijk, Duitsland, Italië en het Verenigd Koninkrijk een heel eigentijdse verklaring. Omdat zij vonden dat er binnen de Europese Unie meer structurele eenheid in het hoger onderwijs zou moeten komen, spraken zij af om het diplomastelsel in Europa te uniformeren en om het te baseren op wat wel het Angelsaksische stelsel wordt genoemd: drie opeenvolgende diploma's: bachelor, master, doctor.

Deze Sorbonne-verklaring werd ruim een jaar later, op 19 juni 1999, gevolgd door een bekrachtiging door 29 Europese ministers van onder-



wijs, waaronder die van alle EU-landen. Dat is de inmiddels bekende Bologna-verklaring, ook weer genoemd naar een oude universiteit. De Universiteit van Bologna is, eerlijk gezegd, nog ouder dan de Sorbonne. Met haar oprichtingsdatum van 1088 wordt zij algemeen beschouwd als de oudste universiteit van de wereld. Vooral de Bologna-verklaring heeft in de Nederlandse onderwijswereld tot veel commotie geleid, onder andere resulterend in het op 5 juli jl. door de commissie Rinnooy Kan uitgebrachte advies van de Onderwijsraad. In de komende minuten ga ik u vertellen hoe de TU Eindhoven al eerder was begonnen om deze structuur in te voeren en waarom dit soort structuren zo aantrekkelijk zijn.

Eerst enkele feitelijkheden over de huidige Nederlandse wetgeving. De Wet op het Hoger Onderwijs en Wetenschappelijk Onderzoek geeft afgestudeerden van Nederlandse universiteiten het recht om de mastertitel te voeren. Sinds november 1998 krijgen daarom alle afgestudeerden van de TU Eindhoven naast het bekende ingenieursdiploma een Engelstalig *Master of Science*. De TU/e kent elf ingenieursopleidingen en dus ook elf Master of Science diploma's. Daar verandert alleen wat aan als de TU/e er nieuwe ingenieursopleidingen bij zou krijgen, zoals wellicht de opleiding Industrieel Ontwerpen.

De invoering van de mastertitel is dus niet nieuw. De opwinding rond de Bologna-verklaring moet vooral worden gezocht in het toevoegen van de bachelortitel aan de universitaire opleidingen. Maar ook hier is niet veel nieuws onder de zon. Bij de behandeling van het wetsvoorstel ter uitvoering van het Hoger Onderwijs en Onderzoek Plan 1996 (HOOP 96) dienden op 29 januari 1998 de kamerleden Van Gelder en J.M. de Vries een amendement in dat universiteiten het recht geeft om kandidaatsexamens in te stellen, mits zij dat tijdig laten registreren in het CROHO, het Centraal Register van Opleidingen in het Hoger Onderwijs. Zo'n kandidaatsexamen geeft recht op het voeren van de bachelortitel. Het amendement is overgenomen en op 2 april 1998 is de nieuwe wetgeving verschenen in het Staatsblad, ruim op tijd voor de Sorbonne-verklaring. Dank zij dit amendement stond er, toen de onderwijsministers de Sorbonne-verklaring tekenden, in Nederland al een wettelijk verankerde structuur klaar om deze verklaring uit te voeren. Het is interessant om de toelichting bij het amendement te lezen. Daar schrijven de indieners onder andere dat het kandidaatsexamen



een mobiliteitspunt is, ook voor internationale instroom, en dat het kandidaatsexamen niet mag worden gezien als een afsluitend examen. Die toelichting is ook precies de insteek die de TU Eindhoven steeds heeft gekozen in de implementatie van de 3+2-structuur.

De geschiedenis herhaalt zich dus. Ik heb zelf in 1968 kandidaatsexamen gedaan aan de Universiteit van Amsterdam. Maar bij de invoering van de twee-fasenstructuur in het wetenschappelijk onderwijs, zo'n twintig jaar geleden, zijn alle kandidaatsexamens afgeschaft. Omdat we nu weer de behoefte voelen aan een twee-cycli-structuur in het wetenschappelijk onderwijs is opnieuw de mogelijkheid geopend om een wetenschappelijk erkend kandidaatsexamen te verstrekken. Doordat daar een tijdige CROHO-aanmelding aan vooraf moet gaan is het thans beginnende academisch jaar de eerste gelegenheid voor Nederlandse universiteiten om metterdaad kandidaatsexamens te verlenen. Slechts twee universiteiten hebben de gelegenheid benut om het kandidaatsexamen op te nemen in het CROHO van dit studiejaar: de Universiteit van Amsterdam voor haar bèta-opleidingen en de TU/e voor al haar opleidingen.

De opleidingen aan de TU/e zijn inmiddels vijfjarig en ze zijn nu ook voorzien van een kandidaatsexamen. Alle studenten die met ingang van het huidige studiejaar aan de TU/e beginnen, studeren dus in een 3+2-structuur: 3 studiejaar (126 studiepunten) in de kandidaatsfase en 2 studiejaar (84 studiepunten) in de ingenieursfase. Het opleiden van een ingenieur kost dus nog steeds vijf studiejaar. Het eerste jaar (de propedeutische fase) behoudt de bekende functie van oriëntatie en selectie. De selectie aan de TU/e richt zich op de geschiktheid van de student om de vijfjarige studie te volbrengen, dus niet slechts op het deel tot het kandidaatsexamen. Er zijn universiteiten in Nederland die onder het nieuwe stelsel de selectie in de propedeuse willen beperken tot de vraag of de student een kandidaatsexamen kan halen, maar zo'n model past niet bij de wetenschappelijke ingenieursopleidingen van de TU/e. Onze structuur is erop gericht dat alle studenten na hun kandidaatsexamen doorgaan voor het ingenieursexamen. Ook zal de studieprogrammering er voor zorgen dat studenten die aan de TU/e willen blijven studeren geen studieovertraging oplopen door het kandidaatsexamen.

Een examen zonder selectie; heeft dat wel zin? Ja, dat heeft zin, en wel om twee redenen: het is een overgangspunt tussen twee duidelijk



verschillende studiefasen en het is een mobiliteitspunt voor studenten. Eerst het kandidaatsexamen als overgangspunt. Het belangrijkste verschil tussen de kandidaats- en de ingenieursfase is, in essentie, *breed* versus *diep*. De kandidaatsfase is een brede, technisch-wetenschappelijke introductie in het gekozen vakgebied. Het onderwijs wordt, zoals we dat nu ook al gewend zijn, verzorgd op een ontwerpgerichte en onderzoekgedreven wijze en het geeft een goede uitgangspositie voor alle passende vervolgspecialisaties. In de ingenieursfase gaat de student in de gekozen richting, doet de student in deze fase meer zelfstandig en vaak ook in een multidisciplinaire context. De ingenieursfase kwalificeert in principe ook voor de derde stap: de promotie- of ontwerpersopleiding. Wat de kandidaatsfase betreft leg ik er nogmaals de nadruk op dat het TU/e-onderwijs onderzoekgedreven zal blijven. Er zijn, anderzijds, universiteiten in Nederland die overwegen om zelfstandige kandidaatsopleidingen aan te bieden die meer beroeps- dan onderzoekgericht zijn. Dat is uiteraard hun goed recht, maar de TU Eindhoven zal daar niet aan meedoen.

## 3 + 2 = 5

We komen nu aan het kandidaatsexamen als mobiliteitspunt voor studenten. De eenvoudigste mobiliteit speelt zich af binnen de eigen universiteit. Een deel van onze studenten zal hun ingenieursfase bij een andere opleiding doen dan die van hun kandidaatsfase. Iemand met een kandidaatsexamen Technische Informatica, bijvoorbeeld, zou zich kunnen specialiseren in de bedrijfsinformatica door een passend ingenieursprogramma binnen de opleiding Technische Bedrijfskunde te volgen. Voor veel voorkomende overstappen moeten de betreffende opleidingen afspraken maken, bijvoorbeeld door trimesters 3,3 en 4.1, de twee trimesters rond het kandidaatsexamen, voor overstappers zo in te richten dat er geen studievertraging optreedt.

Bij mobiliteit tussen instellingen gaat het om studenten die zonder van studierichting te veranderen naar een andere instelling gaan, omdat de gekozen instelling een specialisatie heeft waar ze in het bijzonder in geïnteresseerd zijn. In dit kader maakt iedere opleiding van de TU/e afspraken met een beperkt aantal bij de opleiding passende zusterinstellingen in binnen- en (vooral) buitenland om wederzijds overstappen goed te faciliteren. Verkenningen en besprekingen om dit te verwezenlijken vinden al enige tijd plaats. Aan dit soort vaste samenwerkingen kunnen wellicht vormen van bidualomering worden verbonden. In aanvulling daarop komt er ook een, vooral internationale, instroom in de ingenieursfase op gang van studenten die afkomstig zijn van instellingen waarmee geen afspraken zijn gemaakt. Deze instroom wordt door de opleidingen individueel geselecteerd op geschiktheid, net zoals dat nu al gebeurt voor de toelating tot de promotieopleiding, tot de ontwerpopleidingen en tot de verkorte opleidingen voor HBO-abituriënten. Die opleidingen voor HBO-abituriënten duren ongeveer twee en een half studiejaar. Ook in de nieuwe structuur zullen HBO-bachelors dus niet zonder meer kunnen instromen in onze ingenieursfase.

Zoals de TU/e nu al een grote internationale instroom heeft in de promotie- en ontwerpopleidingen, zal dat straks ook het geval zijn in de ingenieursfase. Internationaal aantrekkelijke specialisaties in de ingenieursfasen van onze opleidingen zullen daarom spoedig voor alle studenten in het Engels worden gegeven. Een deel van die internationale instroom zal daarna de studie aan de TU/e vervolgen met een promotie- of een ontwerpopleiding. De tweejarige ingenieursfase maakt het zo mogelijk om een goede selectie van AIO's voor de promotie- en

## 3 + 2 = 5

---

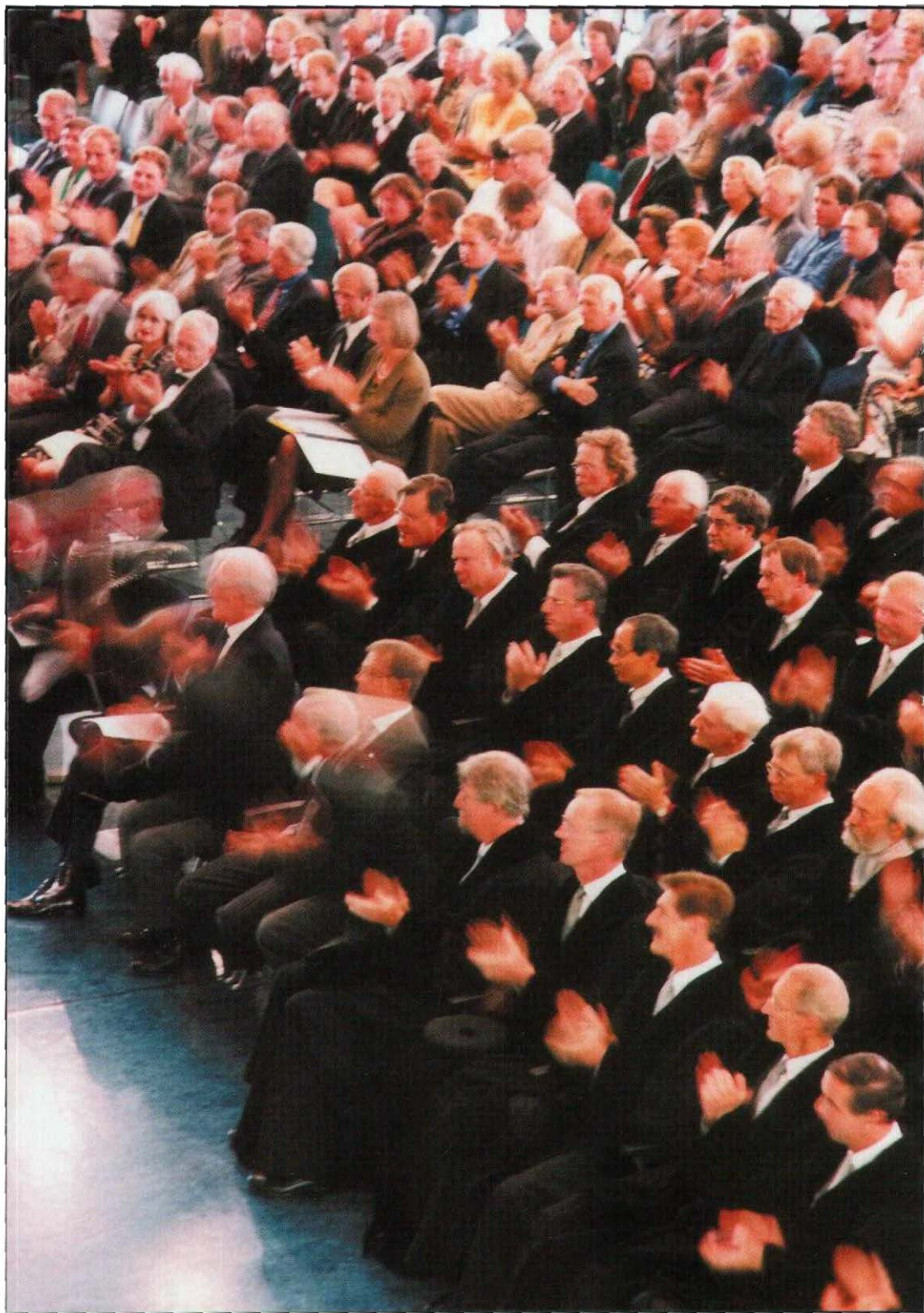
ontwerpersopleidingen uit te voeren. Ik deel dan ook niet de soms gehoorde mening dat de invoering van een 3+2-structuur het bestaan van de ontwerpersopleidingen zou bedreigen.

Met vooruitziende blik is in 1997 de opleiding Biomedische Technologie (BMT), die de Technische Universiteit Eindhoven en de Universiteit van Maastricht samen verzorgen, meteen volgens de beschreven 3+2-structuur opgezet. Nu we drie jaar verder zijn, zal op 20 september a.s. deze opleiding de eerste kandidaatexamens verlenen. De eisen voor dat examen zijn gebaseerd op de rol van het kandidaatsexamen als overgangspunt, zoals ik dat eerder besprak. Speciaal interessant is in dit verband de aard van het laatste trimester van het derde studiejaar, trimester 3.3. Hierin wordt de student voorbereid op specifieke taken in de ingenieursfase van de BMT-studie. Het aardige is nu dat als de student voor de ingenieursfase naar een andere opleiding of naar een zusterinstelling wil, dat dan dit trimester eenvoudig kan worden vervangen door een passende homologatiefase. Op die manier is het BMT-programma inderdaad op de toekomst voorbereid.

Afrondend, dames en heren, concludeer ik dat we aan de vooravond staan van interessante veranderingen in het Nederlandse, universitaire onderwijsstelsel. Internationaal is het bachelordiploma het moment waarop studenten de universiteit van hun finale keuze bepalen. Dan kiezen ze de universiteit waar ze een masterdiploma en een doctoraat willen halen en waar ze zich later alumnus van zullen noemen. In Nederland is traditioneel het ingenieurs- of doctorandusdiploma dat mobiliteitspunt. Onder invloed van de bachelor/master-structuur in de rest van de wereld verplaatst zich dat mobiliteitspunt ook hier naar het kandidaatsexamen. Wij in Eindhoven zijn er klaar voor.

Met deze blik in de nabije toekomst verklaar ik het Academisch Jaar 2000 - 2001 voor geopend.











Fotografie:  
Norbert van Onna, Eindhoven

Vormgeving:  
Plaza ontwerpers, Eindhoven

Druk:  
Universiteitsdrukkerij TU/e  
Technische Universiteit Eindhoven

Informatie:  
Servicebureau Auditorium Plus  
Telefoon (040) 247 2250

ISBN: 90-386-1042-4