

**amerika — ons voorbeeld?**

**s. middelboek**



# AMERIKA-ONS VOORBEELD?

Rede

uitgesproken bij de aanvaarding van  
het ambt van gewoon hoogleraar  
in de elektrotechnische materiaalkunde  
aan de Technische Hogeschool te Delft  
Afdeling der Elektrotechniek  
op woensdag 7 mei 1969

door

dr. ir. S. MIDDELHOEK

Uitgeverij Waltman

Hippolytusbuurt 4

Delft

Rede 024

Met de Bittertechniek zichtbaar gemaakte  
prikkeldraadwanden in een dunne  
magnetische permalloy laag.  
Vergroting ca. 1000×



*Mijne Heren Curatoren,  
Mijnheer de Rektor Magnificus,  
Mijne Heren Leden van de Senaat,  
Dames en Heren Lektoren,  
Leden van de Wetenschappelijke, Technische en  
Administratieve Staf,  
Dames en Heren Studenten,  
en voorts U allen die door Uw aanwezigheid blijk geeft  
van Uw belangstelling.*

*Zeer gewaardeerde Toehoorders,*

Mijn rede bestaat uit twee gedeelten: een eerste gedeelte, waarin ik U zal inlichten over de recente ontwikkelingen op het gebied der elektrotechnische materialen en een tweede gedeelte, waarin ik Uw aandacht wil vragen voor de groeiende technologische achterstand van Europa ten opzichte van de Verenigde Staten van Amerika, welke in mijn vakgebied zo duidelijk te konstaten valt.

Elektrotechnische materialen zijn materialen, die, zoals de naam reeds doet vermoeden, in de elektrotechniek hun toepassing vinden. Gaat men na, welke materialen dit zijn, dan blijkt al gauw dat er weinig materialen zijn, die niet in de elektrotechniek gebruikt worden. Zo is de lucht om ons heen een elektrotechnisch materiaal. Konstrukteurs van hoogspanningsleidingen maken maar al te graag gebruik van het feit, dat lucht een isolator is, terwijl een brandweerman geïnstrueerd wordt niet met water naar zulke leidingen te spuiten, daar hij anders aan den lijve zal ondervinden, dat ook water tot de groep der elektrotechnische materialen gerekend moet worden.

Om een bruikbaar overzicht mogelijk te maken, worden de materialen bij voorkeur ingedeeld op basis van hun natuurkundige eigenschappen. Zo onderscheidt men tegenwoordig magnetische, diëlektrische, isolerende, halfgeleidende, geleidende en optische materialen.

## ELEKTROTECHNISCHE MATERIALEN

### **Magnetische materialen**

Magnetische materialen vindt men in het dagelijkse leven in zeer nuttige toepassingen, waarvan het kompas wel de oudste en bekendste is. Het maakt gebruik van het feit, dat de aarde een permanente magneet is met een Noord- en een Zuidpool. Magnetische materialen vindt men verder in luidsprekers, fietsdynamo's, transformatoren, relaisspoelen, klokken, hefmagneten deursluiters, radiospoelen, elektromotoren, generatoren, rekenmachinegeheugens, geluidsbanden en in nog vele andere toepassingen. Het belangrijkste magnetische materiaal is ijzer. De magnetische eigenschappen van dit materiaal hangen sterk af van de behandelingen die het heeft ondergaan en welke elemen-



ten zijn toegevoegd. Reeds in de vorige eeuw verbeterde men de magnetische eigenschappen van koolstofstaal door er wolfram aan toe te voegen. De meeste verbeteringen werden door toeval gevonden en men kan zeggen dat tot aan de tweede wereldoorlog het onderzoek naar betere magnetische materialen meer een alchimistisch dan een wetenschappelijk karakter had.

Magnetische materialen worden gekenmerkt door de zogenaamde magnetiseringskromme, die het verband weergeeft tussen de magnetisatie ( $M$ ) en de magnetische veldsterkte ( $H$ ). De magnetisatie, die overblijft wanneer men het aangelegde magnetische veld tot nul laat afnemen, noemt men de remanente magnetisatie ( $M_r$ ) en de negatieve veldsterkte die nodig is om de magnetisatie nul te maken, noemt men de coercitieve veldsterkte ( $H_c$ ). Deze twee grootheden spelen een grote rol in het karakteriseren van een magnetisch materiaal; zo is een permanente magneet van goede kwaliteit, als het produkt van deze twee grootheden zo groot mogelijk is. Men spreekt dan van hardmagnetische materialen. Het materiaalonderzoek in deze sektor is er op gericht, met zo goedkoop mogelijke materialen en productieprocessen en met een zo klein mogelijk volume een zo groot mogelijk  $MH$  produkt te realiseren.

In de elektrotechniek worden ook veel zacht-magnetische materialen gebruikt. In spoelen en transformatoren, motoren en generatoren heeft het gebruik van een magnetische kern een concentratie van het magnetische veld ten gevolge. De kwaliteit van een zacht-magnetisch materiaal wordt beoordeeld naar de verhouding tussen de magnetische inductie en de veldsterkte, de zogenaamde permeabiliteit. Voor vele toepassingen is het gewenst, dat de waarde van de permeabiliteit ook bij hoge signaalfrekwenties niet afneemt.

Ondanks het feit, dat ijzeroxide in de vorm van magneet-ijzersteen reeds in de oudheid bekend was, is dit materiaal pas na de tweede wereldoorlog goed bestudeerd. Dit heeft geleid tot de ontdekking van een nieuwe groep materialen, de ferrieten, welke nu op grote schaal overal worden toegepast. Het grote voordeel van ferrieten is, dat het geleidingsvermogen zeer gering is, hetgeen hun gebruik bij hoge frekwenties mogelijk maakt. Het is prettig te kunnen konstateren, dat het Philips laboratorium bij de ontwikkeling van dit materiaal zo'n grote rol heeft gespeeld.

De welhaast belangrijkste toepassing, welke ferrieten hebben gekregen, is die in geheugens voor rekenmachines. Ruim tien jaar geleden werden tot ieders opluchting de magnetische trommel- en elektrostatische kathode/straalbuisgeheugens vervangen door ferrietkernengeheugens.

Een ferrietkernengeheugen bestaat uit een net van elkaar loodrecht kruisende draden, met kleine ferrietringetjes op de kruispunten. Een ferrietkern kan zowel links- als rechtsom gemagnetiseerd zijn, overeenkomstig een binaire „nul” of „één”. Door elektrische stromen door de verticale en horizontale draden te sturen, kan de informatietoestand van een kern veranderd worden. In de huidige tijd zijn praktisch alle rekenmachines met ferrietkernengeheugens uitgerust en het ziet er naar uit, dat deze soort geheugens zich nog wel enige tijd zullen kunnen handhaven.

Dit is zeer opmerkelijk, daar reeds in 1955 een nieuw geheugenmateriaal werd ontdekt, de zogenaamde dunne magnetische film. Een magnetische film wordt verkregen door een dunne laag van een ijzernikkellegering neer te slaan op een vlakke of staafvormige glazen of metalen substraat. Dit neerslaan kan gebeuren door opdampen in vacuüm, maar ook het elektrolytisch opbrengen is met succes toegepast. Gebeurt het neerslaan in een uitwendig magnetisch veld, dan ontstaan twee voorkeursrichtingen voor de magnetisatie, hetgeen de dunne magnetische film geschikt maakt om als geheugenelement gebruikt te worden. De belangstelling voor dit element groeide nogmaals sterk, toen experimenteel bevestigd werd, dat in een film het omschakelen van de „nul”- naar de „één”-toestand in slechts twee nanosekonden kon plaatsvinden, hetgeen ongeveer honderd maal sneller was dan in een ferrietkern.

De strijd tussen ferrietkern en dunne film duurt nu al meer dan tien jaar. Door de concurrentie van de film werd het ferrietkernengeheugen steeds verder verbeterd. De kernen werden veel kleiner gemaakt, nieuwe materialen werden gebruikt, andere bedradingstechnieken werden ingevoerd en andere methoden van informatie schrijven en lezen toegepast.

Ook aan het dunnelagengeheugen werd intensief gewerkt. Veel talent, tijd en geld werd geïnvesteerd, om de technologische problemen die zich bij de productie voordeden, op te lossen, de omschakelverschijnselen in de dunne lagen te doorgronden en de elektronische problemen, die hoofdzakelijk het gevolg waren



van het te kleine uitgangssignaal, het hoofd te bieden. Vergelijkt men vandaag ferrietkernen – en dunnelagengeheugens met elkaar, dan schijnt het dat, ondanks de hogere snelheid van het dunnelagengeheugen, de veel hogere produktiekosten een totale overgang van kernen- naar dunnelagengeheugen in de weg staan. Het aan de horizon verschijnen van geheugens gemaakt van halfgeleiders, de zogenaamde monolithische geheugens, maakt de keus nog moeilijker en het verklaart de afwachende houding, die de rekenmachine-industrie momenteel inneemt.

### Diëlektrische- en isolatiematerialen

Deze groep van materialen staat wat minder in de schijnwerpers van de belangstelling dan de overige materialen, hetgeen echter niet wil zeggen dat op dit gebied geen belangrijke ontwikkelingen hebben plaatsgevonden. Daar de diëlektrische eigenschappen van isolatiematerialen bij hoge frekwenties en bij hoge spanningen de bruikbaarheid van deze stoffen bestemmen, rekent men ze gemakshalve ook bij de diëlektrische materialen. Zonder de isolatiematerialen zou het nuttig gebruik van de elektriciteit welhaast onmogelijk zijn.

Gebruikte men vroeger materialen zoals papier, porselein, mica, glas en rubber, zo zien we na de tweede wereldoorlog een geleidelijke introductie van kunststoffen, zoals teflon, polystyreen, nylon, p.v.c., mylar en vele andere materialen met onuitsprekbare namen.

Ook in de energietechniek spelen isolatiematerialen een grote rol. Zo zijn transformatoren gevuld met minerale oliën of siliconen en bezorgen de doorslagverschijnselen aan vuil of nat geworden hoogspanningsisolatoren de desbetreffende onderzoekers heel wat hoofdbrekens.

Een belangrijke toepassing van de diëlektrische materialen vindt men bij de condensatoren, die samen met de weerstanden en de inductiviteiten de passieve bouwstenen van de elektronika vormen. Kondensatoren bestaan uit twee vaak opgerolde metaalplaten of folies met een diëlektrisch materiaal ertussen. De capaciteitswaarde hangt van het oppervlak, de diëlektrische konstante en de dikte van het materiaal af. Ook hier hebben de kunststoffen op grote schaal hun intrede gedaan, al worden mica en papier ook nog steeds toegepast.

Voor grote capaciteitswaarden worden nog steeds elektroly-

tische condensatoren gebruikt. Het invoeren van tantaaloxide heeft het mogelijk gemaakt het volume van de elektrolytische condensatoren bij gelijkblijvende capaciteitswaarde en bedrijfs-spanning te verkleinen.

Gezien de neiging elektrische schakelingen niet meer door het aan elkaar solderen van de verschillende componenten, maar door opdamptechnieken te fabriceren, is men weer voor geheel nieuwe problemen komen te staan. Een condensator moet nu gemaakt worden door het suksessievelijk opdampen van een metaal, een diëlektrisch materiaal met een mogelijk hoge diëlektrische konstante en nog een metaal. Deze ontwikkeling staat nog aan het begin en materialen zoals siliciumoxide, tantaaloxide, titaniumoxide, calcium- en magnesiumfluoride en vele andere stoffen zijn onderwerp van intensief spoorwerk.

Twee bijzondere soorten diëlektrische materialen, te weten de ferroelektrische en de piëzoelektrische materialen dienen nog vermeld te worden.

Ferroelektrische materialen, waarvan bariumtitanaat één van de belangrijkste vertegenwoordigers is, vertonen remanentie van de polarisatie in afwezigheid van een elektrisch veld. Dit suggereerde een eventuele toepassing als geheugenelement. Ondanks de vele jaren onderzoek is tot op heden deze toepassing nog niet gerealiseerd.

Piëzoelektrische materialen zijn die stoffen, die mechanische energie om kunnen zetten in elektrische energie en vice versa.

Belangrijke toepassingen van deze materialen vinden we in het opnamesysteem van de grammfoon, in frekwentiestabilisatoren zoals in de kwartsklokken en in ultrasonore vertragingslijnen.

### Halfgeleidende en geleidende materialen

De op het ogenblik het meest in de belangstelling staande groep elektrotechnische materialen is ongetwijfeld die der halfgeleiders. Dankzij de voortvarendheid van de Japanse elektronische industrie is het woord transistor U allen overbekend, zij het, dat vele onder U aan de kleine handige zakradiootjes denken en niet aan de kleine knopvormige bouwstenen binnen in het kastje. Dank zij de transistor is het mogelijk voor slechts enkele tientallen guldens een apparaatje te kopen, dat ons in staat stelt deel te hebben aan de gebeurtenissen in de landen om ons heen. Om het sensationele van dit feit op de juiste manier te appre-



ciëren, behoeven we slechts 30 tot 40 jaar terug te gaan. Toen moest een lagere rijksambtenaar 1 tot 2 maanden werken om een radio-ontvanger compleet met plaatstroomapparaat te kunnen kopen; nu hoeft hij nog maar één dag te werken om een apparaat met vergelijkbare ontvangstmogelijkheden zich aan te kunnen schaffen. Transistorradio's zijn zo klein en goedkoop, dat het mogelijk zou zijn ze in elke kamer van een huis in de lichtschakelaardoos in te bouwen. Men kan aan het nut van zo'n toepassing natuurlijk ernstig twijfelen, maar het toont aan, dat het mogelijk is voor een vergelijkbaar bedrag een automatische lichtschakelaar, een interkomm. systeem, een automatische deursluit, een waarschuwingssysteem tegen inbrekers, een temperatuur- en vochtigheidsregelsysteem of nog vele andere wellicht nuttige zaken in te bouwen, indien deze toepassingen met dezelfde massafabrikagemethoden als toegepast bij de transistorontvanger gemaakt kunnen worden. De huidige revolutie op elektronisch gebied is mogelijk geworden, doordat tegenwoordig elektronische schakelingen weinig ruimte innemen, geringe energie verbruiken, zeer betrouwbaar en relatief snel zijn en toch weinig kosten.

Tot voor kort werden elektronische schakelingen opgebouwd uit elektronenbuizen, weerstanden, condensatoren, spoelen en bedrading. De elektronenbuis was het enige element, dat signalen kon versterken, maar bracht allerlei onaangename eigenschappen met zich mee. Daar de werkingsduur van een elektronenbuis beperkt was, was het noodzakelijk de buis uitwisselbaar te maken door middel van een buisvoetkonstruktie. Naarmate de buizen kleiner werden, werd het steeds moeilijker de bedrading aan deze buisvoeten te solderen, hetgeen een goedkope massaproductie in de weg stond. In een elektronische schakeling was de buis meestal één van de duurste onderdelen en het was de kunst van de elektronicus voor een bepaald apparaat de schakelingen zo geraffineerd te maken, dat op buizen gespaard kon worden. In advertenties voor radioapparaten was het ook gebruikelijk om nadrukkelijk op het aantal buizen te wijzen en ik placht zelf als jong radioamateur mijn zakgeld niet in guldens maar in elektronenbuizen uit te drukken.

In 1948 luidde de uitvinding van de transistor een nieuw tijdperk op het gebied van de elektronika in. Waren de eerste transistors slechts in staat bij lage frequenties te werken, zo duurde

het niet lang alvorens door nieuwe structuren en technieken dit nadeel werd opgeheven en de transistor zijn zegetocht kon gaan beginnen. Werden in de beginfase transistors één voor één uit kleine halfgeleidende kristallen vervaardigd, zo bracht de zogenaamde planaire techniek een geweldige verbetering. Een monokristal van een halfgeleidend materiaal meestal silicium wordt in dunne schijven gezaagd en vervolgens gepolijst. In een volgende stap wordt het plaatje aan beide zijden met een isolerende laag van siliciumdioxide omgeven door het enige tijd in stoom te verhitten. Door middel van een foto-etsprocédé worden in de siliciumdioxidelag openingen aangebracht waardoor geselecteerde verontreinigingen kunnen diffunderen en gebiedjes van *N* type halfgeleider op een *P* type substraat en vice versa kunnen worden verkregen. Door het oxideren en diffunderen enige malen te herhalen, daarbij zorgdragend dat alle bewerkingen slechts aan één kant van het plaatje plaatsvinden, ontstaat de planaire transistor. Het is duidelijk dat men met deze fabrikagemethoden vele zelfs honderden transistors tegelijk op één kristalplaatje kan maken, hetgeen een zeer gunstige invloed heeft op de produktiekosten.

De transistors, die men met deze methoden maakt, kan men in twee grote groepen verdelen, de zogenaamde bipolaire en de zogenaamde veldeffekttransistors. Een transistor uit de eerste groep bestaat uit een sandwich van *P*, *N* en *P* type of *N*, *P* en *N* type halfgeleidende gebiedjes evenwijdig aan het kristalplaatje. De stroom loopt tussen emitter en kollektor en wordt door de spanning aan het basiskontakt beïnvloed.

Veldeffekttransistors hebben een geheel andere konstruktie. Zij bestaan uit een *N* of *P* type plaatje, waarop twee ohmse kontakten zijn aangebracht. De stroom tussen deze twee kontakten wordt veranderd door een spanning aan te leggen aan een derde kontakt, dat zich tussen de twee eerste kontakten bevindt. Afhankelijk van de wijze van uitvoering van dit kontakt spreekt men van *M*(etal) *O*(xide) *S*(emiconductor) veldeffekttransistors, indien het halfgeleidende kanaal door een oxidelaag van het kontakt is gescheiden, van „junction” veldeffekttransistors, indien het derde kontakt is uitgevoerd als een *P*-*N* overgang en van *Me*(tal) *S*(emiconductor) veldeffekttransistors, als het derde kontakt direkt op de halfgeleider is aangebracht.

Aanvankelijk was de belangstelling voor de veldeffekttransis-



tors gering. Dit werd veroorzaakt door technologische moeilijkheden bij de fabricage van MOS veldeffekttransistors.

Verder nam men aan, dat de bovengrens van het frequentiegebied voor veldeffekttransistors aanzienlijk lager zou zijn dan die voor bipolaire transistors. Inmiddels zijn de problemen, wat betreft de instabiliteit van het oxide in de MOS veldeffekttransistor voor een groot deel opgelost en werden MES veldeffekttransistors gemaakt met een oscillatiefrequentie van 12 GHz, een resultaat, dat met bipolaire transistors nog niet is bereikt. Het schijnt daarom dat de veldeffekttransistor technisch volwassen is geworden en in de toekomst ongetwijfeld op grote schaal zal worden toegepast.

Zoals ik reeds opmerkte, kan een groot aantal transistors tegelijk gemaakt worden. Dit deed enkele jaren geleden de vraag rijzen of het niet mogelijk was ook nog weerstanden, condensatoren en verbindingen met soortgelijke technieken te vervaardigen, zodat complete elektronische schakelingen op één kristalplaatje konden worden aangebracht. Het antwoord bleek positief te zijn en men kan nu reeds uit een grote keuze van kant en klaar schakelingen kiezen. Worden deze schakelingen hoofdzakelijk in de digitale techniek toegepast, zo is het op het Philips laboratorium reeds gelukt ook het essentiële gedeelte van een radio-ontvanger op één kristalletje te fabriceren. Wat deze zogenaamde kristal- of geïntegreerde schakelingen betreft, staan we nog maar aan het prille begin en het is te verwachten, dat vooral deze kristalschakelingen het gezicht van de elektronica grondig zullen gaan wijzigen.

Zoals ik reeds aanduidde in mijn inleiding, kunnen toepassingen van de elektronica, die uit kostenoverwegingen tot op heden niet mogelijk waren, nu op grote schaal gerealiseerd worden. We kunnen verwachten, dat in de naaste toekomst elektronica zal worden toegepast in bijvoorbeeld sluiters van foto-toestellen, uurwerken en horloges, muziekinstrumenten, lichtschakelaars, ijskasten, strijkijzers, ventilatoren, fornuizen, auto's maar ook in telefooncentrales, registreerkassa's, verkeerslichten en allerlei soorten regelapparatuur.

Het is interessant, dat naast de kristalschakeling nog aan een andere vorm van integratie werd en wordt gewerkt, de zogenaamde dunnefilmtechniek. Het maken van weerstanden en condensatoren op kristalplaatjes gaat met enige moeilijkheden

gepaard, die vooral met nauwkeurigheid, temperatuurgevoeligheid en flexibiliteit te maken hebben.

Echter voordat de kristalschakelingen populair werden, was al aangetoond, dat men met relatief eenvoudige middelen zeer goede weerstanden, weerstandsnetwerken en redelijke condensatoren kan vervaardigen door middel van opdamptechnieken. Het was daarom vanzelfsprekend, dat een groep van onderzoekers van mening was, dat geïntegreerde schakelingen beter gerealiseerd konden worden door afzonderlijke transistors in opgedampte schakelingen te solderen, daarbij hopen dat het nog eens mogelijk zou zijn om ook de transistor op te dampen. De strijd tussen de twee opvattingen is nog niet beslist, maar het ziet er wel naar uit, dat voor de produkten van de consumentenmarkt kristalschakelingen uit kostenoverwegingen de voorkeur zullen genieten, terwijl dunnelagenschakelingen vooral daar toegepast zullen worden, waar bijvoorbeeld een grotere nauwkeurigheid en temperatuurstabiliteit vereist zijn en de hogere prijs geen bezwaar is.

Tenslotte rest mij nog te spreken over de allerlaatste ontwikkeling op het gebied der halfgeleiders, namelijk die van de L(arge) S(cale) I(ntegration) techniek.

Zoals reeds opgemerkt, is het mogelijk met een bepaalde volgorde van fabricageprocessen een zeer groot aantal transistors tegelijk te produceren. Vanzelfsprekend komt dan de vraag op of het niet mogelijk is grote gekompliceerde schakelingen en systemen, zoals men die vindt in rekenmachines of telefooncentrales, in hun geheel op één kristalplaatje aan te brengen. Inderdaad is er op grote schaal onderzoek aan de gang om dit ideaal van de zogenaamde vestzakrekenmachine te realiseren. Men stuit hier echter op een uiterst moeilijk technologisch probleem. Bevat een kristalplaatje 1000 afzonderlijke transistors en is de gemiddelde opbrengst 98 %, dan kan men 980 transistors uit het plaatje snijden en verkopen. Bevat een LSI schakeling ook 1000 transistors, waarvan de opbrengst ook 98 % is en fabriceert een fabriek 1000 van zulke plaatjes per dag, dan moet deze fabriek ongeveer 3000 jaar lang produceren om gemiddeld één goede LSI schakeling in deze periode af te leveren. Er is natuurlijk geen enkele industrie ter wereld, waar dit door de aandeelhouders geaccepteerd zal worden en het enthousiasme van het eerste uur voor de LSI schakelingen is wel wat bekoeld. In recente publika-



ties spreekt men daarom liever van M(edium) S(cale) I(ntegration) De eerste toepassing op grote schaal van MSI zal zijn in geheugens voor rekenmachines. Deze ontwikkeling bevindt zich reeds in een vergevorderd stadium, evenwel is het nog niet duidelijk of zo'n geheugen uit bipolaire of veldeffektransistors zal zijn opgebouwd.

### Optische materialen

De vierde groep van stoffen, die men in de elektrotechniek steeds meer gaat toepassen, is de groep van de optische materialen.

Waren de elektrotechniek en de optika twee vakgebieden die elkaar relatief weinig beïnvloedden, zo is door de uitvinding van de laser een nieuw gebied ontsloten, waar interdisciplinair onderzoek zeer vruchtbaar kan zijn.

Een verder contact tussen elektrotechniek en optika bestaat bij de fabricage van de transistor door middel van maskers en foto-etsprocessen. Nadat de filmindustrie betere fotolakken ging produceren en de optische industrie in staat was uitstekend gecorrigeerde lenzen te leveren, werd het pas mogelijk snelle transistors te produceren met structuren, die kleiner waren dan 1 mikron.

Op een interessante, eventueel in de toekomst mogelijke, toepassing van lasers en magneto-optische materialen zal tenslotte nog nader worden ingegaan.

De hoeveelheid informatie, die door rekenmachines verwerkt moet kunnen worden, stijgt zo schrikbarend, dat een dringende behoefte bestaat aan geheugens die in staat zijn tenminste  $10^8$  bits te bevatten, terwijl de prijs per bit binnen redelijke grenzen moet blijven. Ook is het nodig dat een willekeurige plaats in het geheugen in relatief korte tijd toegankelijk moet zijn.

Om zo'n systeem te realiseren is een magneto-optisch materiaal, genaamd gadolinium-ijzer-granaat voorgesteld, dat zeer bijzondere eigenschappen bezit. Bij  $13^\circ\text{C}$  heeft dit materiaal zijn zogenaamde compensatiepunt, waar de magnetisatie van de subroosters van dit ferrimagnetische materiaal elkaar juist compenseren. Het veld nodig om dit materiaal om te magnetiseren is zeer hoog bij deze temperatuur en wordt kleiner voor hogere zowel als voor lagere temperaturen. Wanneer men nu een konstant uitwendig veld aanlegt, dat kleiner is dan de veldsterkte

nodig voor ommagnetisatie bij  $13^\circ\text{C}$  en met een laserstraal een klein vlekje van een schijf van dit materiaal belicht en daardoor verwarmt, dan zal de coercitieve veldsterkte lokaal kleiner worden en de magnetisatie ter plaatse van richting veranderen, hierbij een binaire „nul” of „één” voorstellende.

Eenzelfde, maar wat intensiteit betreft, gereduceerde laserstraal kan gebruikt worden om de informatie te lezen met behulp van het magneto-optische Faradayeffekt.

Een gebruik van dit soort geheugen is helaas nog niet mogelijk, daar het nog niet gelukt is een laserstraal over een grote hoek af te buigen.

### „TECHNOLOGY GAP”

In het eerste gedeelte van mijn rede heb ik de voornaamste ontwikkelingen op het gebied van de elektrotechnische materialen geschilderd en we zullen ons nu met de vraag bezighouden, in hoeverre Europa tot deze ontwikkelingen heeft bijgedragen. De vraag is een deel van een groot complex van vragen ten aanzien van de achterstand van Europa ten opzichte van de Verenigde Staten. Het onderwerp kwam pas goed in de belangstelling na het boek „De Amerikaanse uitdaging” van Servan Schreiber, de oprichter van het Franse weekblad l'Express. De vraag of er inderdaad een achterstand een zogenaamde „Technology gap” is, wordt in de Verenigde Staten uitsluitend instemmend beantwoord, terwijl de reacties in Europa, wat te begrijpen is, genuanceerder zijn. Zo ontkende Dr. A. Drijver tijdens de laatste diësviering, dat er, wat de staalindustrie betreft, een technische achterstand van Europa bestaat ten opzichte van de Verenigde Staten, al gaf hij toe dat ten aanzien van de toepassing van de rekenmachines bij de procesregeling Amerika eventueel wel een voorsprong heeft.

Daar ik zelf lange tijd voor een Amerikaanse firma in de Verenigde Staten en in Zwitserland gewerkt heb, meen ik in staat te zijn enigszins tot de discussie te kunnen bijdragen.

Het is mijn overtuiging, dat er wel degelijk een technische achterstand van Europa ten opzichte van Amerika op vele gebieden bestaat, die niet zo zeer teweeggebracht wordt door het gebrek aan technisch en wetenschappelijk inzicht van de



Europeaan, maar veel meer een gevolg is van een gebrek aan initiatief, afkeer van het nemen van risico's, een verkeerde instelling van de wetenschapsman ten aanzien van de toepassingen van zijn kennis, het gebrek aan solidariteit van de werkgever zowel als van de werknemer ten aanzien van de doelstellingen van Europa, Nederland en in het bijzonder van de firma waarbij men betrokken is, de vaak nog ondemokratische structuur van vele bedrijven en een diepgeworteld minderwaardigheidscomplex ten aanzien van alles wat er in de Verenigde Staten gebeurt.

Overzien we de situatie op het gebied der elektrotechnische materialen, dan valt te konstaten dat het in Europa waarlijk niet aan fundamenteel inzicht mankeert. Ik ben zelfs geneigd te beweren, dat wij in Europa op dit gebied een voorsprong hebben en voorlopig ook zullen houden.

Gaan we echter na, hoe de situatie is ten aanzien van de toepassingen op mijn vakgebied, dan is het beeld veel minder rooskleurig.

Zo zien we op het gebied der magnetische materialen, dat hoewel het grootste gedeelte van het fundamentele onderzoek naar ferrieten in Europa heeft plaatsgevonden, het idee van het ferrietkernengeheugen aan het brein van een Amerikaanse hoogleraar is ontsproten en aan het instituut waar deze hoogleraar werkzaam is geen onbelangrijke inkomsten heeft bezorgd.

Op het gebied van de halfgeleiders is de situatie nog pijnlijker. Zo is niet alleen de transistor een Amerikaanse uitvinding, maar werden ook bijvoorbeeld de planaire techniek, het monolithische geheugen, de dunnelaagtransistor, de Gunn oscillator, de laser en het magnetooptische geheugen het eerst in dit land onderzocht. Hiertegenover staat, dat bijvoorbeeld de vervanging van germanium door silicium als transistormateriaal en de projectie-maskeertechniek hoofdzakelijk in Europa uitgedacht werden. In de toepassing van de transistor zien we, dat ten aanzien van de consumentenmarkt, Europa standvastiger bleek. Zo worden de meeste televisie- en radiotoestellen in Europa vervaardigd en is de in Nederland ontwikkelde cassetterekorder een internationaal succes. Op het gebied van de zo belangrijke professionele elektronische apparatuur is de situatie echter zeer teleurstellend. Bijna alle geavanceerde meetapparatuur wordt door Europa uit de Verenigde Staten ingevoerd en het moge bekend verondersteld worden, dat ten aanzien van de rekenmachines één Ameri-

kaanse firma een grotere omzet in Europa heeft dan alle Europese rekenmachineproducenten bij elkaar.

Het feit, dat de Amerikaanse industrie in staat is, ondanks de grote afstand, de verdeeldheid in Europa en de taalmoeilijkheden toch op zo belangrijke gebieden als de halfgeleiders, meetinstrumenten en rekenmachines, zij het door het opbouwen van verkooporganisaties, overnemen van bestaande Europese industrieën of door het bouwen van eigen fabrieken, de markt te veroveren, moet ons tot nadenken stemmen. Het is namelijk niet denkbeeldig, dat aangetrokken door het succes van de Amerikaanse industrieën, die nu reeds in Europa opereren, een bijenzwerm van Amerikaanse firma's op Europa en ook op Nederland zal neerstrijken. Dat de Amerikaanse industrie ook op het gebied van vliegtuigen, auto's, autoverhuur, hotels, busvervoer, benzine en aanverwante producten, zonnepanelen, handdoekenautomaten, frisdranken, gasverwarming, autowasinrichtingen, autobanden en caravans actief is, is zeker bekend. Het moet ons gevoel van eigenwaarde toch onaangenaam treffen, dat Europese fabrieken, met Europese werknemers, gebouwd met Europees kapitaal, onder Amerikaanse leiding vaak betere resultaten opleveren dan die fabrieken, die onder Europese leiding staan.

Ook in de universitaire wereld in Europa is de dynamiek van de Amerikaan te bespeuren. Zo is er een zogenaamde „European section of the IEEE" in Europa en organiseren Amerikaanse beroepsorganisaties hier konferenties, zoals de Intermag conferentie in Amsterdam in april van dit jaar. Het is zelfs denkbaar, dat een privé Amerikaanse universiteit of hogeschool een dépendance in Europa zal vestigen, die aanvankelijk kinderen van Amerikaanse ouders, die om één of andere reden in Europa verblijven, een op Amerikaanse leest geschoeide opleiding zal geven, maar eventueel later ook Europese studenten zal opnemen om in de behoefte aan kader voor de onder Amerikaanse leiding staande bedrijven te voorzien.

De geschetste ontwikkeling is zeker niet zonder risico's voor de Europese welvaart. Brengen de Amerikaanse ondernemingen ongetwijfeld werkgelegenheid en introduceren ze hun geavanceerde produktie- en managementmethoden, zo wordt de stabiliteit van de Europese economie er door in gevaar gebracht. Het is niet aan te nemen, dat de welvaart in Europa zowel als in de Verenigde Staten gestaag zal toenemen zonder ups en downs.



Heeft Amerika onder een depressie te lijden, dan zal de neiging bestaan door het reduceren of opgeven van Europese nederzettingen deze depressie op Europa af te wentelen.

### Tegenmaatregelen

Belangrijker nog dan het konstateren van een achterstand van Europa ten opzichte van de Verenigde Staten, is het overwegen van maatregelen, die er toe kunnen leiden, dat Europa weer een gelijkwaardige partner van de Verenigde Staten wordt.

In het volgende wil ik mijn gedachten hierover nader uiteenzetten.

### Ons minderwaardigheidscomplex

In de eerste plaats is het nodig om het minderwaardigheidscomplex van de Europeaan ten opzichte van alles, wat er in de Verenigde Staten gebeurt, te doorbreken. Zeker in de hand gewerkt door onze bevrijding aan het einde van de tweede wereldoorlog, door de totale technische en economische ontredde hierna, door het succesvolle ruimtevaartprogramma van de Amerikanen en door kennismaking met hun geavanceerde technische producten heeft het geloof postgevat, dat in de Verenigde Staten alles beter is dan in Europa en dat dit een niet te doorbreken natuurwet is. Amerika is echter ook het land van de schrijnende armoede, de bedelaars op straat, de onveilige parken en ondergrondse treinen, de vuile steden en treinen, de corruptie, de achterbuurten, de vele stakingen, de dollarverheerlijking, de geringe sociale voorzieningen en zekerheid, de slechte kwaliteit van de konsumentengoederen, de kerkelijke verdeeldheid, het gebrek aan interesse voor het wereldgebeuren, de wanproducten van de commerciële televisie en de eentonigheid van het dagelijkse leven, om maar enkele facetten te noemen. Europa kan door zijn veel oudere cultuur en wetenschappelijke traditie daar zoveel tegenover stellen, dat een minderwaardigheidscomplex zeker niet op zijn plaats is.

### Hun meerderwaardigheidsgevoel

In de tweede plaats is het nodig, om het gevoel van meerderwaardigheid van de Amerikaan ten aanzien van Europa wat te temperen. Waarschijnlijk door het feit, dat zoveel Amerikaanse soldaten in en na de oorlog met Europa kennis maakten, leeft het

beeld van het arme Europa nog erg sterk in Amerika. Zo vertrouwde een Amerikaan me eens toe, dat hij op z'n komende en eerste reis naar Europa, landen als Frankrijk en Italië niet wilde bezoeken, omdat hij tijdens zijn vakantie niet met de schrijnende armoede daar gekonfronteerd wenste te worden. Verder hoort men vaak de eerlijk gemeente vraag, of men in Europa al over stofzuigers en wasmachines beschikt. Hoe zal men met Europese producten de Amerikaanse markt kunnen veroveren, indien de gemiddelde Amerikaan Europa nog steeds als een onderontwikeld land blijft zien? Om hier verandering in aan te brengen, is het nodig dat we, hoewel het niet in onze aard ligt, onze prestaties en producten beter en luidruchtiger aan de man brengen.

### Propaganda

In Europa en ook in Nederland werd en wordt zeer veel gepresteerd, we behoeven slechts aan onze havens, deltawerken, industrieën, laboratoria, orkesten en musea te denken. Wanneer wij nu onze producten willen verkopen en toeristen willen aantrekken, is het nodig, dat onze prestaties aan de overkant van de oceaan goed bekend zijn.

Om het wat overdreven te stellen, zal mevrouw Smith in Kansas City eerder Nederlandse chocolade kopen, als ze in de krant gelezen heeft, dat er bijvoorbeeld een nieuwe kunstnier in Nederland is ontwikkeld of zal Mr. Jones uit Las Vegas eerder de beslissing nemen met de Holland Amerika Lijn om de wereld te varen, als hij via de nieuwsberichten hoort, dat Rotterdam de grootste havenstad ter wereld is.

### Publiceren

In de wetenschap betekent propaganda: publiceren. In vergelijking tot Europa heerst in de Verenigde Staten onder de wetenschapsmensen een sterkere drang om hun resultaten te publiceren. Dit is een gevolg van het feit, dat de kwaliteit van een wetenschapsman daar veelal beoordeeld wordt naar zijn publikaties. Een Amerikaanse hoogleraar, die niet tenminste één boek en de nodige publikaties heeft geschreven, moet over zijn toekomst bezorgd zijn. Een researchfysicus, die geen publikaties schrijft, zal binnen niet al te lange tijd naar de fabriek worden overgeplaatst. Door deze enorme druk om te publiceren, zou men kunnen aannemen, en wij Europeanen komen graag met dit argument



aandragen, dat het niveau er dan ook wel naar zal zijn. Dat dit over het algemeen toch niet zo is, komt door het „reviewer” systeem, waarmee de meeste tijdschriften zich hebben gewapend.

De publikatiedwang heeft echter een aantal gunstige nevenprodukten. Het belangrijkste daarvan is wel de stimulans, die van het voorbereiden van een publikatie uitgaat op het werk zelf. Pas bij het schrijven van een publikatie blijkt waar nog hiaten in een onderzoek zijn. Men is veel meer geneigd zijn resultaten ook kritisch te bezien. Verder bevordert het de uitwisseling van gegevens, waardoor in het algemeen de technische ontwikkeling vlugger kan verlopen. Een direktie kan het extreme standpunt huldigen, dat elke publikatie, elke voordracht van hun medewerkers de concurrentie helpt en daarom ongewenst is. Weinig publikaties verlaten zulke organisaties. Een direktie kan zich ook op het extreem andere standpunt stellen, dat wanneer zij een liberale publikatiepolitiek voert, de konkurrent hetzelfde zal doen en dat het resultaat dan zal zijn, dat het onderzoek in beide firma's sneller en efficiënter verloopt. Dit is bij de meeste firma's in de Verenigde Staten het geval en gelukkig begint deze opvatting in Europa ook post te vatten.

Tenslotte zijn publikaties een zeer efficiënt middel om reclame te maken voor een persoon, organisatie of een natie. Hebben op fysisch gebied landen als de Verenigde Staten, Japan, Engeland, Duitsland en ook Nederland een reputatie, zo is de propaganda, die uitgaat van landen als Denemarken, Noorwegen, Spanje en ook Italië zeer gering. Dit is natuurlijk mede een gevolg van de taalbarrières.

### Tijdschriften

Om te kunnen publiceren is het nodig dat er bruikbare publikatiemedia ter beschikking staan. Europa vertoont een breed spektrum van tijdschriften, gedeeltelijk in het Engels, maar veelal ook in de eigen landstaal.

Men kan drie soorten tijdschriften onderscheiden. In de eerste plaats de internationale tijdschriften, waarin artikelen veelal in het Engels verschijnen en de auteur niet noodgedwongen in het land zelf moet wonen, waar het tijdschrift wordt gedrukt. Het tweede soort tijdschriften gaat meestal uit van een landelijke vereniging en bevat artikelen geschreven door een landsman. Deze tijdschriften worden vaak met veel moeite en kosten in

stand gehouden en vervullen in de huidige tijd, waar de specialisatie hoogtijviert geen functie meer. Het derde soort tijdschrift gaat meestal ook van de landelijke vereniging uit en bevat in de landstaal gestelde overzichtsartikelen en mededelingen van allerlei aard, die van interesse geacht moet worden voor de nationale lezer. Dit soort blad zal in de toekomst aan betekenis moeten gaan toenemen. Het zou nog meer overzichtsartikelen kunnen publiceren, en ook reisbeschrijvingen, ingezonden stukken en personeelsadvertenties kunnen opnemen. De bladen zouden door kontributies en advertenties een hechte financiële basis moeten hebben en ook kunnen beschikken over een betaalde redaktie. „Physics Today” en het „IEEE Spectrum” zijn goede Amerikaanse voorbeelden.

Naast de tijdschriften zou het ook bevorderlijk zijn om een „Proceedings of the Dutch annual conference on physics,” of een ander vakgebied, uit te geven. Deze verzameling zou de in het Engels vertaalde voordrachten kunnen bevatten van jaarlijkse Nederlandse samenkomsten.

### Organisaties

Een groot aantal doeleinden zijn slechts realiseerbaar, indien er in Europees verband naar wordt gestreefd. De onlangs opgerichte European Physical Society is een veel gelijkwaardiger partner om met het American Institute of Physics over conferenties of tijdschriften te verhandelen dan de vele landelijke organisaties.

Ook is het duidelijk, dat bijvoorbeeld op het gebied van de hoge energie fysica Europa slechts door het oprichten van het C.E.R.N. in staat was op dit gebied mee te doen. Zoals reeds werd aangetoond, bestaat er op het gebied van de elektrotechnische materialen en hun toepassing een ernstige achterstand. Deze achterstand zal de ekonomie en de samenleving in Europa ernstig kunnen beïnvloeden, veel meer dan een achterstand in de hoge energie fysika dat zou kunnen doen. Het zou daarom aanbeveling verdienen het C.E.R.N. uit te bouwen tot een organisatie, die niet alleen op het gebied der hoge energie fysika werkzaam is, maar bovendien ook zuiver wetenschappelijk onderzoek zal doen op die gebieden, waar een achterstand van Europa ten opzichte van de Verenigde Staten, Japan of eventueel Rusland dreigt te ontstaan.



## Kwaliteitsprodukten

Om de Amerikaanse markt te veroveren is het nodig datgene te produceren, waaraan in Amerika behoefte bestaat. Door de ver doorgevoerde massafabrikage en de moordende concurrentie, die de prijzen laag houdt, is de kwaliteit van de massagoederen in de Verenigde Staten relatief slecht. Het is welhaast ondenkbaar, dat wij met onze minder ver doorgevoerde automatisering met soortgelijke produkten op de Amerikaanse markt een grote kans hebben. Daar het Amerikaanse volk echter langzaam genoeg begint te krijgen van de weliswaar goedkope maar ondeugdelijke produkten is er nu de neiging te constateren, liever wat meer uit te geven voor een apparaat van betere kwaliteit. Dit verklaart het succes van de Volkswagens, de Zwitserse horloges, de Duitse en Japanse kamera's, de kostuums uit Hongkong en de Japanse transistorradio's. Ook de Amerikaanse industrie interesseert zich voor kwaliteitsprodukten zoals, om enkele te noemen, de Nederlandse elektronenmikroskopen en röntgen-apparatuur, de Zwitserse energietechnische produkten en opdampapparatuur en de Duitse lichtmikroskopen, terwijl in de elektronikasector de Amerikaanse industrie zelf over ondernemingen beschikt, die hoogwaardige elektronische produkten ontwikkelen en produceren.

Willen we vanuit Europa de Amerikaanse markt veroveren, dan moeten wij vooral produkten van hoge kwaliteit exporteren.

## Buitenland-Nederlanders

Om de achterstand in vele sectoren ten opzichte van Amerika in te halen, staat ons nog een zeer efficiënt middel ter beschikking.

Nederland is een veel te dicht bevolkt land en dit is dan ook de reden, waarom zo vele Nederlanders en ook Nederlandse ingenieurs naar het buitenland vertrekken. Eind 1967 werkten ongeveer 15% van alle in Nederland afgestudeerde ingenieurs in het buitenland, en hiervan velen in de Verenigde Staten. Niet alleen deze ingenieurs, maar ook afgestudeerden van andere Nederlandse instituten van hoger onderwijs zijn veelal betrokken bij zeer moderne projecten, bijvoorbeeld op het gebied van de halfgeleiders en de rekenmachines. Het is in Nederland een niet al te bekend feit, dat het grootste gedeelte van deze Nederlanders er de voorkeur aan zou geven, weer in Nederland te werken.

Hetzelfde geldt voor de andere Europese landen. Hun zin voor avontuur en „de wijde wereld zien” is meestal na enige jaren bevredigd en zodra ze een gezin stichten, worden ze gekonfronteerd met de vele schaduwzijden van het leven in Amerika. Hun terugkeer naar het moederland staat meestal het gebrek aan contactmogelijkheden met de Nederlandse industrie in de weg. Om een efficiënt gebruik te maken van deze groep Nederlanders, die vaak kennis heeft van de nieuwste ontwikkelingen op hun vakgebied, is het nodig, dat naar Zwitsers voorbeeld, de Nederlandse vertegenwoordigers in de Verenigde Staten, veel meer dan tot nu toe het geval was, ingeschakeld worden, het contact tussen de Nederlandse industrie en deze zogenaamde buitenland-nederlanders te bevorderen.

## Hogeschool en Industrie

Rest ons nog na te denken over dat wat onze hogeschool zou kunnen doen om de „technology gap” te reduceren. Over publiceren en propaganda werd reeds gesproken. Het belang hiervan werd ik me steeds weer bewust, wanneer Amerikanen mij vroegen of ik in Leiden had gestudeerd en van „the Delft University of Technology” nog nooit gehoord hadden. Toch is Delft wat studentenaantal betreft vergelijkbaar met het alom bekende Massachusetts Institute of Technology, terwijl bijvoorbeeld de gebouwen in Delft veel imponanter zijn.

Volgens de wet is het doel van het wetenschappelijk onderwijs de vorming tot zelfstandige wetenschapsbeoefening en voorbereiding voor maatschappelijke betrekkingen. Zoals in vele andere landen moet een intelligente student ook in Delft zo'n programma in 4 à 5 jaar kunnen verwerken. Door de snelle ontwikkeling in de technische wetenschappen heeft het geen zin meer om een te uitgebreid programma bij te houden. Nog geen 15 jaar geleden waren transistors nog onbruikbare kuriositeiten, nu reeds zijn ze achterhaald door de kristalschakelingen. Ook de hoeveelheid theoretische kennis, die een ingenieur in de praktijk nodig heeft en die tot verlenging van de studieduur aanleiding kan geven, wordt gaarne overschat.

Verder moet het mogelijk zijn voor goede studenten na 2 à 3 jaar te promoveren. Om een betere uitwisseling van ingenieurs in Europa mogelijk te maken, is het zinvol de exameneisen van de diverse Europese technische hogescholen op elkaar af te stem-



men. Dit vereist, dat vooral het Nederlandse systeem grondig zal moeten worden gewijzigd ten aanzien van de promotie-eisen. In de plaats van het lijvige proefschrift, waar de promovendus vaak financieel en geestelijk onder gebukt gaat moet een uitvoerige publikatie in een erkend tijdschrift en een examen komen. Terwijl de met de huidige tijd niet meer in overeenstemming zijnde plechtigheid en stellingen beter kunnen worden afgeschaft.

Daar de technische ontwikkeling een explosief verloop heeft, is het voor niemand meer mogelijk, zelfs niet op zijn eigen vakgebied, het overzicht te bewaren. Het is daarom noodzakelijk, dat de universiteit en de industrie elkaar hier in meerdere mate gaan ondersteunen. Wie de gids van de T.H. Delft doorbladert, moet onder de indruk komen van de enorme hoeveelheid kennis die hier in Delft is gekoncentreerd. Het zou zinvol zijn, indien deze kennis gemakkelijker beschikbaar zou komen voor de reeds in de industrie werkende ingenieur. Omgekeerd vinden in de industrie zeer moderne ontwikkelingen plaats en beschikt de industrie over internationaal erkende specialisten.

De Hogeschool kan het zich niet veroorloven van deze kennis, niet meer dan tot nu toe, gebruik te maken. Het is daarom noodzakelijk, deze wisselwerking te aktiveren zonder al te veel administratieve rompslomp.

Tenslotte moet de vraag nog beantwoord worden, in hoeverre wij Nederlanders in staat zijn de Amerikaanse economische en technische invasie het hoofd te bieden. Nederland is een bijbelvast landje en zoals een Amerikaan het eens uitdrukte een volk van „do-it-yourself”-theologen. In Genesis kan men lezen, dat God, nadat Adam en Eva het paradijs moesten verlaten, zei: „Om uwentwil is de aardbodem vervloekt en al zwoegende zult gij daarvan eten, zolang gij leeft” en „In het zweet uws aanschijns zult gij brood eten”. Dit gedeelte van Genesis geeft de indruk, dat werken meer een vloek dan een plezier is en het lijkt soms, dat wij Nederlanders het daar roerend mee eens zijn. Het wordt het beste geïllustreerd door de man, die geweldig enthousiast over z'n nieuwe baan zei: „wanneer ik nu 's avonds moe thuis kom, is het ook echt mijn eigen schuld”. Werken kan echter ook een bron van voldoening zijn. Wanneer de juiste arbeidsvoorwaarden worden geschapen, zal de normale mens graag werken, zelfs hard werken. Het uit de weg gaan van verantwoordelijkheid, het gebrek aan eerezucht en idealen, de afwezigheid

van leergierigheid zijn in het algemeen geen aangeboren eigenschappen, maar zijn het gevolg van de omgeving.

Voor deze omgeving dragen wij academici meer dan de meeste andere werknemers een grote verantwoordelijkheid en het is onze taak een werkklimaat voor onze medewerkers te scheppen, waarin het werken tot een plezier wordt. Jammer genoeg is dat in Nederland nog niet helemaal het geval. Zijn wij niet in staat hier verandering in te brengen, dan worden we een ongelukkige natie, niet omdat we bijna het laagste inkomen van Europa, maar omdat we geen plezier meer hebben in ons werk.

Bij de aanvaarding van mijn ambt dank ik Hare Majesteit de Koningin voor haar besluit, mij tot gewoon hoogleraar aan deze Technische Hogeschool te benoemen.

*Mijne Heren Curatoren,*

Voor het vertrouwen, dat U in mij gesteld hebt, door mij voor te dragen voor de benoeming tot hoogleraar in de elektrotechnische materialen, ben ik U dankbaar. Gezien de royale middelen, die de Minister van Onderwijs en Wetenschappen, onze Regering en onze Volksvertegenwoordiging voor de uitbouw en de inrichting van onze Technische Hogeschool ter beschikking stellen, voel ik mij verplicht, mijn beste krachten aan de mij opgedragen taak te geven.

Ik hoop mede te werken aan de vorming van ingenieurs, die in de toekomst een hoofdredakteur van het Amerikaans weekblad „Time” ertoe zullen brengen zijn hart te luchten in een boek met de titel „The European Challenge”.

*Mijne Heren Leden van de Senaat,*

Het is een voorrecht in Uw midden te worden opgenomen. Daar mijn vakgebied een tamelijk interdisciplinair karakter heeft, durf ik op vruchtbare discussies met velen onder U in de naaste toekomst te hopen.

*Mijne Heren Hoogleraren en Lektoren van de Afdeling der Elektrotechniek,*

Voor de bijzonder prettige wijze, waarop U mij in Uw midden



hebt opgenomen, ben ik u zeer erkentelijk. Het toeval wilde dat ik na mijn eigen opleiding in Delft terecht kwam op het research laboratorium van de International Business Machines Corporation in Zwitserland.

- Ik hoop dat ik genoeg van de Amerikaanse aanpak en van de Zwitserse ijver en precisie heb afgekeken, om in Uw midden vruchtbaar werkzaam te kunnen zijn.

*Dames en Heren Studenten,*

U hebt het voorrecht in een tijd en in een land te leven, waar de vervulling van de materiële behoeften niet meer primair behoeft te zijn. U bent daarom in staat in meerdere mate na te denken over de zin van ons bestaan.

Daar mijn generatie en oudere generaties opgegroeid zijn in een tijd waarin de vervulling van de materiële behoeften wel op de eerste plaats stond, kan dit tot conflicten aanleiding geven. De meesten onder U groeien op in huizen met centrale verwarming en met auto's voor de deur; alle mogelijke elektrische en elektronische apparatuur staan U ter beschikking. Het zal niet lang meer duren of Uw auto's zullen alle binnen het terrein van de Technische Hogeschool aangelegde parkeerplaatsen bezetten.

Het is duidelijk dat U geen elektrotechniek bent gaan studeren zoals vroeger wel het geval was, om deze vanzelfsprekende zaken te kunnen bezitten. Nu het streven naar bezittingen geen zin meer aan ons bestaan vermag te geven, ontstaat een vacuüm, hetgeen tot tweërlei reacties aanleiding schijnt te geven. De eerste reactie is, dat men alle waarden en tradities overboord gooit en onder het motto: een mens leeft niet eeuwig, elk graankorreltje meepikt, dat men kan vinden, ook al behoort het toe aan een ander.

Dit zeer egoïstische standpunt kan men bijvoorbeeld dagelijks in het verkeer waarnemen. De andere reactie is, dat men zich opnieuw bezint omtrent de zin van dit leven en zich nieuwe doeleinden stelt. Kijken we dan om ons heen, dan zien we dat we met onze prestaties bezig zijn het leven steeds minder leefbaar te maken. We blijven kleine schoolkinderen en snelverkeer door elkaar mengen, we vinden niet de moed de industrieën het verspreiden van afval en stank te verbieden. We blijven doorgaan geld en talent aan zinloze maanreizen te verspillen en tolereren de

afstompende televisiereklame. We verknoeien onze levensmiddelen om ze voor de massaproductie en consumptie geschikt te maken, konstrueren vliegtuigen die de nachtrust van velen verstoren en bouwen enorme mensenpakhuizen met onvoldoende geluidsisolatie.

Dames en heren studenten het schijnt me, dat Uw generatie nog een kans heeft te redden wat te redden valt en van U hangt het gedeeltelijk af, of onze samenleving alweer op z'n retour is. We moeten onze egocentrische instelling opgeven en ons in meerdere mate richten op onze medemens. Onze medemens in het bedrijf, op de hogeschool, in het verkeer, in de landen achter het ijzeren gordijn en in de ontwikkelingslanden. Men moet zijn technische talenten niet zoals tot nu toe voor eigen belang, maar voor zijn naaste inzetten, daarmee de naastenliefde eindelijk praktizerend, die het Christendom zolang al tevergeefs preekt.

Ik dank U voor Uw aandacht.



