

De aarde verbonden

Citation for published version (APA):

van Dijk, B. (1963). *De aarde verbonden*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1963

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

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

DE AARDE VERBONDEN

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN

HET AMBT VAN GEWOON HOOGLERAAR

IN DE AFDELING DER

ELEKTROTECHNIEK

AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

TE EINDHOVEN

OP VRIJDAG 18 JANUARI 1963

DOOR

Ir. B. VAN DIJL

DE AARDE VERBONDEN

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN

HET AMBT VAN GEWOON HOOGLERAAR

IN DE AFDELING DER

ELEKTROTECHNIEK

AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

TE EINDHOVEN

OP VRIJDAG 18 JANUARI 1963

DOOR

Ir. B. VAN DIJL

*Mijne Heren Curatoren,
Mijne Heren Hoogleraren,
Dames en Heren van de Wetenschappelijke, Technische en
Administratieve Staf van deze Hogeschool,
Dames en Heren Studenten en voorts Gij allen, die door Uw
aanwezigheid van Uw belangstelling blijkt geeft,*

Zeer geachte toeboorders,

Bij de officiële aanvaarding van het ambt van hoogleraar aan de afdeling der Elektrotechniek van deze Hogeschool vraag ik Uw aandacht voor enkele aspecten van menselijke communicatie en in het bijzonder van de radiotelecommunicatie. Communicatiemiddelen hebben tot doel menselijke relaties tot stand te brengen, ongeacht de afstand van de corresponderende partijen. In het bijzonder wanneer het communicatiemiddel een diensten verlenende functie heeft, moet het betrouwbaar zijn en snel t.o.v. het tempo van de sociale activiteit welke het bedient: het mag geen merkbare vertraging of verminking in de voor een samenleving noodzakelijke besluitvaardigheid introduceren. De radiocommunicatie groeide tot hetgeen wij thans kennen in nauwelijks honderd jaren sedert MAXWELL de mogelijkheid van radiogolven op theoretische gronden vaststelde. Deze gehele ontwikkeling zou gestimuleerd worden door de techniek van de kabeltransmissie; de radio heeft echter ook de kabel op fundamentele punten verder gebracht.

Sinds SAMUEL MORSE in 1844 een eerste commerciële telegraafverbinding opende over een afstand van tien mijl, kwam er over de wereld een telecommunicatienetwerk tot stand dat ook ingewijden met ontzag vervult. Bij elke nieuwe stap werden de eisen snel aangepast aan de ontstane mogelijkheden; door wisselwerking tussen wat kon en wat nodig was, verouderde spoedig hetgeen kort geleden nog bewondering wekte.

Het lag voor de hand dat de ontwikkeling zich hierbij ook richtte op de overwinning van de grote afstand. Reeds in 1858 werd een trans-

atlantische telegraafkabel in dienst gesteld, nauwelijks twintig jaren na de eerste experimenten van MORSE. De kabel bleef echter slechts één maand in gebruik; hij raakte zodanig defect dat men reparatie achterwege liet. Het duurde 8 jaren voor men een nieuwe en betere kabel in dienst stelde.

Het begin van de telefonie ligt enige jaren later. In 1876 slaagde GRAHAM BELL er als eerste in een volledige gesproken zin met behulp van een lijnverbinding over te brengen; twee jaar later werd de eerste telefooncentrale in Connecticut geopend en weer enkele jaren later, omstreeks 1880, hadden 50.000 Amerikanen een telefoonaansluiting bij hun huis of op hun kantoor. In die jaren begint het onstuitbare groeiproces dat men het beste uitdrukt in verdubbingsperiodes: voor Nederland is het telefoonverkeer sedert 1890 iedere 6 à 7 jaar verdubbeld.

Wat men nu radio noemt begon als een zuiver natuurkundig experiment, zonder enig technisch vooruitzicht. VON HELMOLTZ, hoogleraar in de natuurkunde te Berlijn, maakte in 1879 de toen 22-jarige HEINRICH HERTZ opmerkzaam op een door de Berlijnse akademie uitgelopen prijsvraag, welke opheldering beoogde te verkrijgen van de door MAXWELL voorspelde elektromagnetische golven. In 1887 slaagde HERTZ erin de elektrische bronnen te maken welke de golven konden uitstralen. Ze vertoonden alle eigenschappen van lichtgolven, bezaten echter een veel grotere golflengte, namelijk die van de orde van centimeters, een golflengte welke overigens eerst de laatste 20 jaar technische toepassing heeft gevonden als "ultra korte" radiogolf.

Er werd energie weggestraald. Op welke afstand deze energie waargenomen zou kunnen worden, was een open vraag. We kunnen ons goed voorstellen dat er geïntrigeerden waren die dit zouden onderzoeken. Moeilijker kunnen we ons thans indenken dat het inzicht dat deze energie een "signaal" zou kunnen betekenen erg onverwacht was en moest komen van een man van het formaat van MARCONI. Hij schrijft zelf: "Het idee om berichten door de ruimte over te brengen kwam plotseling bij mij op, na in een tijdschrift gelezen te hebben over het werk van HERTZ. Mijn voornaamste moeilijkheid was, dat het idee mij zo elementair en logisch voorkwam, dat ik niet kon geloven dat niemand er eerder aan gedacht had het toe te passen." Aangemoedigd door successen behaald over kleinere afstanden, werd ook hier de overbrugging van een oceaan een doel.

Er schijnt dikwijls een element van geluk aanwezig bij de grote

ontdekkingen van het mensdom, en die van MARCONI vormt hierop geen uitzondering. Hij zou namelijk trachten de verbinding te maken vanuit Poldhu, Kaap Lizard, Cornwall, naar St. John op New Foundland, de kortste sprong over de oceaan en dus niet zonder toeval tussen dezelfde plaatsen, als waar thans, 60 jaar later, de oceaan werd overbrugd met een satelliet als relaisstation. Tot op het laatste ogenblik, voordat het station te Poldhu geheel gereed kwam, waren alle experimenten uitgevoerd op een golflengte van enkele centimeters en we weten nu dat de overbrugging van een oceaan op deze golflengte geen kans had tenzij . . . tenzij er een satelliet gebruikt zou worden om de golven weer terug te zenden naar de aarde.

Op het laatste moment, nadat een storm de aanvankelijke antennes verwoest had, gaf FLEMING, de uitvinder van de diode, het advies grotere en massievere antennes te gebruiken. Dit betekende een belangrijke vermindering van de radiofrequentie en daarmee een in dezelfde verhouding vergroting van de golflengte. MARCONI stemde toe en het experiment slaagde op een golflengte van 1000 à 2000 m, vrijwel het enige golflengtegebied, waarmee deze proef met de techniek van 1901 kon gelukken.

Van dit moment af kon men twee wegen inslaan: een vergroting van de golflengte, leerde men, gaf aanleiding tot een grotere signaalsterkte aan gene zijde van de verbinding, maar tevens tot een nog sterkere verhoging van het atmosferisch ruis- of stoorniveau; een verkorting van de golflengte daarentegen leidde tot een geringere signaalsterkte maar daarbij tot een geringer stoorniveau. Met de beschikbare hulpmiddelen van het begin van deze eeuw was de eerste weg aanvankelijk de gemakkelijkste.

De grote ontwikkeling en met name die voor het massatransport moest de laatste weg inslaan; in het bijzonder toen de hulpmiddelen het toelieten, zou men een rigoureuze vermindering van de golflengte toepassen.

Wetenschap, techniek en internationale samenwerking moesten nog een grote ontwikkeling doormaken voordat het mogelijk zou zijn het huidige radioverkeer, waarvan alleen de notificaties een foliant vullen, door de ether af te wikkelen. Op vele fronten werd er gewerkt. Aan de buizen voor het opwekken en versterken van wisselspanningen, waarbij de aandacht zich steeds op weer hogere frequenties concentreerde; aan de filtertechniek vanwege de filters, noodzakelijk om uitzendingen met een verschillende golflengte te scheiden.

Er waren belangrijke problemen op te lossen voor de modulatie-techniek, d.i. het besturen van de zender door de over te brengen

informatie en voor de demodatietechniek, het onttrekken van de informatie aan de ontvanger. Men leerde dat bepaalde systemen aanleiding kunnen geven tot een belangrijk gunstiger verhouding van signaal en ruis, en dat deze verhouding meestal bepalend is voor de bruikbaarheid van een communicatieketen. Een van de fundamentele concepties van de natuurkunde is namelijk *onzekerheid*, niet alleen vanwege het principe van HEISENBERG, maar ook door de ruis in elektronische systemen, welke veelal een gevolg is van de thermische beweging van ladingdragers. Deze ruis, evenals de atmosferische ruis, doet zich voornamelijk gevoelen wanneer de signalen zwak zijn. Dan wordt de studie van de onzekerheid van belang: het bepalen of er een signaal is, en zo ja, hoe groot het is. In de telecommunicatie speelt de onzekerheid echter een nog fundamentele rol, want men kan betogen dat het gehele doel van een communicatiesysteem is het wegnemen van onzekerheid aan de ontvangzijde. Een bericht dat geen onzekerheid wegneemt, bevat geen informatie en behoeft niet verzonden te worden; van een bericht dat veel onzekerheid wegneemt, zegt men dat het veel informatie bevat. Er is hierdoor in ieder communicatiesysteem een conflict tussen de pogingen van de ingenieur die tracht het mogelijk te maken berichten te doen overbrengen welke onzekerheid wegnemen en de tegengestelde tendens van de natuurverschijnselen naar wat men noemt het willekeurige, het stochastische verschijnsel dat geen informatie bevat. In het meest extreme geval staat men voor het probleem te bepalen of een gegeven uitgangsspanning puur ruis is of dat het ook nog een signaal bevat. Ook de antennes dienden voor ieder nieuw ontsloten golflengtegebied te beantwoorden aan het doel waarvoor ze gebruikt zouden worden. Van het medium, de atmosfeer, moest men voor ieder golflengtegebied de eigenschappen en toepassingsmogelijkheden ontdekken en dit gaf, zoals we in het volgende zullen zien, stof tot onderzoek aan een legertje fysici.

In onze volgende beschouwingen zullen we ons beperken tot de ontwikkeling van de radio als een middel voor massatransport, waarbij het mogelijk wordt die massale hoeveelheden informatie over grote afstanden over te brengen welke een moderne samenleving nodig heeft. De langste golven welke wij in onze beschouwingen hiertoe willen betrekken zijn van de orde van 60 m, het gebied van de zgn. *korte golven* : een historische naam intussen, omdat de technieken welke thans in de belangstelling staan, voornamelijk nog belangrijk kortere golven toepassen. Eerst in het gebied van deze golflengten vinden we voldoende ruimte om van massatransport te kunnen spreken.

De onverwachte en niet begrepen successen van MARCONI hielden uiteraard de gehele wereld en in het bijzonder die van de fysici bezig. Hoe was het mogelijk dat radiogolven, waarvan men wist dat ze van dezelfde aard zijn als lichtgolven, en zich dus op het effect van breking en verstrooiing na, rechtlijnig zouden moeten voortplanten, zó ver achter de horizon werden ontvangen?

In 1901, vrijwel tegelijk en onafhankelijk van elkaar, stelden de fysici HEAVISIDE in Engeland, KENNELLY in de V.S. en NAGAOKA in Japan, de hypothese dat er zich in de hoge atmosfeer een laag moest bevinden die zich als een geleider gedraagt en die de signalen welke van de aarde af worden uitgezonden, weerkaatst. Hierdoor zouden dan verre punten bereikt kunnen worden. De geleidende eigenschappen ontstaan door ionisatie, grotendeels als gevolg van de zonnestraling, waarbij luchtmoleculen gesplitst worden in elektronen en positieve ionen.

ECCLES vergrootte in 1912 het inzicht in het mechanisme van de reflectie door het in verband te brengen met de bewegingen van de ladingdragers onder invloed van de invallende radiogolf én met de dichtheid van deze ladingen als functie van de hoogte in de atmosfeer. De ionisatie vindt voornamelijk plaats in een laag tussen ongeveer 80 en 400 km, welke men ionosfeer is gaan noemen. Doordat de ionisatie grotendeels een gevolg is van de directe zonnestraling, hangt deze voor een belangrijk deel af van de stand van de zon. De hoogste frequentie, welke bij inval van de radiostraal in bepaalde richting nog juist gereflecteerd wordt, hangt samen met de mate van ionisatie. Daarom is deze "grensfrequentie" afhankelijk van de plaats op aarde, van dag en nacht, van zomer en winter en van de fase van de 11,5 jarige zonnecyclus. In uitzonderlijke gevallen kan deze grensfrequentie een waarde bereiken van 50 MHz, hetgeen overeenkomt met een golflengte van 6 m. Meestal echter is deze grens belangrijk lager: zij kan wel dalen tot een bedrag dat met golflengten van 60 m correspondeert. Verbindingen over grotere afstanden, bijv. enige duizenden kilometers, komen tot stand in een aantal "sprongen", doordat het signaal in schuin opwaartse richting, weerkaatst door de ionosfeer, teruggebogen wordt naar de aarde, daar weer gereflecteerd wordt, om vervolgens de ionosfeer op een volgend punt te treffen.

Frequenties welke niet te veel onder de grensfrequentie liggen, planten zich in de regel met geringe verliezen voort. Hierdoor waren de omstandigheden soms geschikt om grote afstanden met geringe vermogens te overbruggen. Een goede verbinding met Amerika met een zendvermogen van enkele tientallen Watts was niet ongewoon.

In het bijzonder amateurs wisten hierdoor met zeer primitieve middelen sprekende successen te boeken. Zij waren het die in wijde kring de aandacht vestigden op de dikwijls goede bruikbaarheid van de korte golven.

De Nederlandse professionele successen bij de overbrugging van grote afstanden werden voornamelijk behaald op de verbinding met het toenmalige Nederlands Oost-Indië. In mei 1923, vier jaar na de totstandkoming van de langegolfverbinding, kon de eerste kortegolf-telegrafieverbinding met Indië officieel in gebruik worden genomen; in 1929 kwam de radiotelefonieverbinding met dit land tot stand. Men had intussen ervaren dat het overbrengen van een telefonie-signaal een belangrijk grotere energie vereist dan van een telegrafiesignaal, ook wanneer men in beide gevallen hetzelfde aantal woorden beschouwt. De informatietheorie zou later leren dat de energie welke men nodig heeft, evenredig is met de hoeveelheid informatie welke men wenst over te brengen. Uit de mate waarin het overbrengen van een telefoongesprek meer energie kost dan een telegram van hetzelfde aantal woorden - 10 à 100 maal meer, afhankelijk van de eisen - kan men afleiden dat het gesprek potentieel veel meer informatie bevat dan de woorden alleen. Men vindt deze, zakelijke, informatie terug in de niet-zakelijke sfeer, in de intonatie, de warmte van de stem, kortom in al die eigenschappen waaraan men een stem herkent en waardoor het telegram nooit het gesprek geheel zal kunnen vervangen, wanneer telecommunicatie ten doel heeft menselijke contacten tot stand te brengen.

Met de eerste overwinningen op grote afstanden begon er voor de operationele diensten over de gehele wereld een periode van moeizaam verkennen van mogelijkheden en onmogelijkheden van het nieuwe medium. Het doel moest zijn het wetmatige te ontdekken waardoor ook in deze communicatie de betrouwbaarheid en de regelmaat zou ontstaan die nodig is om het medium zijn sociale functie te doen vervullen. In het bijzonder bleken moeilijk lange verbindingen naar of door klimatologisch andere gebieden en verbindingen waarvan een deel van het circuit in de omgeving van het magnetisch poolgebied kwam. In het eerste geval was het niet altijd mogelijk een golfenlge te vinden die voor de verschillende delen van het circuit voldeed. Voor het tweede geval bleek dat signalen in het poolgebied dikwijls langdurig aan absorptie onderhevig zijn. Zogenaemde "polar black outs" kunnen verbindingen van de Nooroeuropese steden met New

York dagenlang en in jaren met verhoogde activiteit van het aardmagnetische veld, wekenlang verstoren.

Het begrip van de factoren welke de mogelijkheden voor het maken van verbindingen over grote afstanden beheersen, werd beter naarmate het onderzoek van de ionosfeer en van de ontvangen ruisniveaus systematischer en over de gehele wereld werd uitgevoerd. Eerst hierdoor konden de normale en de abnormale verschijnselen worden gescheiden. De abnormale verschijnselen bleken voornamelijk in verband te staan met voor een deel niet voorspelbare processen op de zon. Veel inzicht in de structuur en het mechanisme van de ionosfeer werd verkregen door het werk van APPLETON, die in 1925 voor het eerst de hoogste schatte en voor zijn werk de Nobelprijs verkreeg. Ook het fundamentele werk van de Nederlanders ELIAS, VAN DER POL, en BREMMER zal in dit verband steeds genoemd blijven.

Om tot een betere overdracht van signalen te komen, maakte ook de apparatuur een grote ontwikkeling door. Een aantal oplossingen stond in verband met het verminderen van de schadelijke effecten van *fading*. Fading, een van de karakteristieke eigenschappen van het radiosignaal, is veelal een gevolg van interferentie van signalen welke de ontvanger op verschillende wijze bereiken, bijvoorbeeld na het afleggen van een meer of minder groot aantal sprongen. Het selecteren en gebruiken van één, gewenst, signaal en het onderdrukken van andere, niet gewenste, signalen moest hierdoor tot verbetering leiden. In dit verband willen we slechts noemen de gerichte antenne, die bij een verbinding tussen twee vaste punten het vermogen in een nauwe hoek bundelt; hierdoor wordt óók het aantal mogelijke wegen van het signaal beperkt. Dat een van de eerste gerichte antennes in ons land aangeduid wordt met de naam "Beam" en in Engeland met de naam "KOOMANS-antenne", is om verschillende redenen merkwaardig.

Aan de andere kant bevatten ook de onderdrukte componenten informatie; met het voortschrijden van het inzicht leerde men deze informatie op de juiste wijze optellen. Door deze, zogenaamde "diversity"-technieken bereikte men dat meervoudige signalen elkaar ondersteunen in plaats van uitdoven. Er bleken aldus grote winsten, ook wat betreft de betrouwbaarheid van het systeem, bereikbaar.

Zoals gezegd vergt het overbrengen van een telefonisch bericht een belangrijk grotere energie dan dat van een corresponderend telegrafisch bericht. De telefonie heeft echter ook een voordeel, doordat de abonnees, wanneer gedurende een periode met zwakke signalen het signaal even te zwak wordt, en het ruis- of stoorvermogen in

verhouding te groot, geheel uit eigen beweging en precies op tijd vragen: "Wat zegt U?", en dan weer verder keuvelen. Een telegram vertoont op een dergelijk moment een aantal fouten en is in zijn geheel niet meer verkoopbaar, terwijl volgende telegrammen "verdacht" zijn. DR. H. C. A. VAN DUUREN, directeur van het Dr. Neher Laboratorium P.T.T., realiseerde zich dat er voor de telegraaf belangrijke winsten verkregen zouden kunnen worden, wanneer de vraag "Wat zegt U?" ook aan de telegraafapparatuur geleerd zou kunnen worden, maar dan zo dat ook hier de vraag slechts gesteld wordt bij twijfel en voordat de *teleprinter* een foute letter afdrukt. Tien jaar ontwikkelingsarbeid, aanvankelijk tesamen met de technisch hoofdambtenaar van de P.T.T., A. BAKKER, leidde tot apparatuur welke het karakter van de radio-telegraafverbinding zou veranderen: de transatlantische radiotelexverbinding kon doorgetrokken worden tot in de handelskantoren in Europa en in de Verenigde Staten.

Hoewel de korte golven het veelal mogelijk maakten met geringe vermogens verbindingen met de verste uithoeken van de aarde tot stand te brengen, bleef er veel te wensen. De condities waren in bepaalde jaren dikwijls slecht en ook al heeft men begrip voor de grote afstand, men kan niet lang doorgaan met vragen: "Wat zegt U?", niet bij de telegraaf en niet bij de telefoon. Relaisstations, zoals Paramaribo voor het circuit Amsterdam - New York, zodanig gesitueerd dat de route verder van het poolgebied kwam, gaven wel een belangrijke graduele verbetering, in principe echter konden vele verbindingen toch niet worden opgevoerd tot die graad van betrouwbaarheid, welke men was gaan waarderen bij het verkeer dat intussen over grote afstanden over kabels afgewikkeld kon worden. En al zullen de korte golven, ook thans nog, jarenlang dienst blijven doen, de ontwikkeling zou gaan in de richting van middelen welke niet afhangen van de grilligheden van de ionosfeer.

De kabeltransmissie maakte met de radio een grote ontwikkeling door, verworvenheden daarvan gebruikend, doch ook hieraan weer inzicht verschaffend. Gedurende de eerste wereldoorlog kwam de toepassing van de radiobuis op en dit leidde tot de 'lijnversterker', waardoor men met de kabel ook vrijwel onbegrensde afstanden kon overbruggen. In 1951 legde het Comité Consultatif International Téléphonique, het internationale advieslichaam waaraan de telefoonbedrijven van praktisch alle landen deelnemen, in een advies het ruisvermogen vast dat kan worden toegelaten aan het einde van een gestandaardiseerde, fictieve, internationale telefoonlijn van 2500 km. In 1956 werd de

eerste transatlantische telefoonkabel in dienst gesteld die aan deze aanbeveling voldeed. De principiële moeilijkheid was hier de energievoorziening van de ca. 100 versterkers.

Gestimuleerd door de behoefte steeds grotere aantallen gesprekken over te dragen, ontwikkelde zich voor de kabel óók de zgn. "draaggolftechniek". Hierbij moduleert men de aangeboden gesprekssignalen ieder op een verschillende golflengte (draaggolf) zoals voor de verschillende stations van de radio-omroep. Bij het modulatieproces ontstaan aanvankelijk twee zgn. *zijbanden*, ter weerszijde van de draaggolf. Een van de twee zijbanden en de draaggolf kunnen worden gemist en worden onderdrukt, zodat er per gesprek als resultaat verschijnt een frequentiespectrum gelijk aan dat van het oorspronkelijke signaal, waarin echter alle frequenties met een bepaald bedrag zijn verschoven, men zou hiervoor, bijna, het woord "getransponeerd" kunnen gebruiken. Door deze verschuiving voor ieder gesprek een verschillende waarde te geven, konden de spectra van een groot aantal gesprekken naast elkaar gebracht worden in een grotere band. De kabeltechniek streefde ernaar om steeds grotere banden, bredere spectra, dus grotere aantallen telefoonkanalen, over te dragen. Uiteraard stelde de ontwikkeling van de kabel, zowel wat betreft overbrugde afstand, kwaliteit als capaciteit, een uitdaging aan de radio: in 1956 nam het Comité Consultatif de Radiocommunications de eisen betreffende het transmissiecircuït over voor de zogenaamde straalverbindingen. De Fransen noemen deze verbinding wel: "Câbles Hertiens", omdat men hiermede beoogt grotere aantallen telefoonkanalen met "golven van Hertz" over te brengen. Deze techniek kan echter slechts worden toegepast wanneer er voldoende bandbreedte beschikbaar is om het "multiplex" telefoonsignaal, dat gevormd wordt door een groot aantal telefoongesprekken of eventueel een televisiesignaal, te moduleren. Dit is het geval voor het gebied van de microgolven, waarin de golflengten kleiner zijn dan ca. 30 cm. Deze golven worden echter niet meer door de ionosfeer gereflecteerd en de ontvangst blijft in hoofdzaak beperkt tot de optische horizon; daarom gaven de Engelsen er wel de naam "Line of Sight" radio aan, welke naam tevens een tweede Engelse benaming motiveert: "Radio Relay Systems". Immers, wil men het transport over afstanden verder dan de optische horizon uitstrekken, dan dient er gerelayeerd te worden. Bij radionetwerken kreeg men thans ook te maken met een probleem waarmede men bij de kabeltechniek intussen vertrouwd was: het optellen van de ruisvermogens van ieder van de secties waaruit het circuït is samengesteld.

De Duitse benaming "Richtfunk" geeft een beeld van de werkwijze: de golven worden sterk gericht. Doordat men hierbij antennes kan toepassen welke groot zijn t.o.v. de golflengte - bijv. parabolische reflectoren met een diameter van enkele meters - kan men door bundeling van de energie een winst in het ontvangen vermogen boeken van een factor in de orde van 10.000 per antenne.

Ten einde het optisch zicht zo ver mogelijk te maken, worden de verbindingseinden opgesteld op torens van 50 tot 100 m hoogte, waardoor sprongen van 40 tot 70 km gemaakt kunnen worden. Optisch zicht, of liever "radio zicht", wordt echter niet slechts bepaald door de hoogte van de torens en door de topografie van de omgeving. Brekingsverschijnselen, welke met de meteorologische omstandigheden samenhangen, kunnen deze afstand in sterke mate beïnvloeden. Hier ligt een essentieel probleem voor het ontwerp van een verbinding.

In de laatste 10 tot 15 jaar ontstond er over de gehele wereld een netwerk van straalverbindingen voor het transport van televisie- en telefoniesignalen. Voor de Eurovisie bijv. werd sedert de totstandkoming in 1953 in West-Europa een keten gebouwd ter lengte van vele duizenden kilometers.

Het telefonietransport kan thans plaats vinden in bundels van 12 tot 900 telefoonkanalen per draaggolf, of zoals men wel zegt, per "radiokanaal"; binnenkort zullen dit er zelfs nog belangrijk meer zijn. In ons land is met de bouw van een dergelijk net een begin gemaakt. Wanneer hiervan het gedeelte tussen Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht gereed is, zullen er van ieder van deze steden op vier naast elkaar gelegen radiokanalen in de 7,5 cm band ieder 900 telefoniekanalen uitgaan en binnenkomen. Dit aantal kan t.z.t. nog belangrijk verhoogd worden.

De uitdaging door de kabel aan de radio gesteld, was hiermede echter nog niet voldoende beantwoord. Sprongen van 70 km zijn te klein wanneer men over een oceaan wil komen en onpraktisch wanneer men verbindingen wil maken met nederzettingen bijv. in de poolgebieden.

Deze nederzettingen, die een grote rol zijn gaan spelen in de verdediging van het Westen, waren door de "polar black outs" dikwijls wekenlang van communicatie verstoken.

Dat frequenties, zoals men gebruikt bij de straalverbindingen, zich niet geheel hielden aan het eenvoudige patroon van "voortplanting tot optisch zicht", was intussen bekend. Men had hiervoor ook een

verklaring. Zolang de opbouw van de atmosfeer homogeen is, planten de horizontaal uitgezonden golven zich rechtlijnig voort en dringen daarbij dan, achter de horizon, ook door in de troposfeer, het deel van de atmosfeer onder 10 km. Maar door de onregelmatige opbouw van de lucht in deze laag wordt een gedeelte van het signaal verstrooid en dit kan weer op de aarde ontvangen worden. De sterkte van het signaal neemt aanzienlijk af met het toenemen van de zogenaamde verstrooiingshoek, de hoek waarover het signaal van richting moet veranderen om de ontvangpost te bereiken. Er diende echter veel en vooral systematisch gemeten te worden om aan te tonen dat de ontvangen fractie van het signaal - dikwijls ongeveer één miljoenste van het vermogen dat bij optisch zicht ontvangen zou zijn - "vrijwel steeds" aanwezig was en de basis kon vormen van een betrouwbare techniek.

Door verspreiding en interrelatie van menselijke activiteiten over de gehele aardbol is communicatie tot in alle uithoeken nodig geworden; gestimuleerd door wat dikwijls mogelijk bleek, ontwikkelden sommige activiteiten zich zodanig dat vertragingen tengevolge van het communicatiesysteem tot minuten en soms zelfs tot seconden beperkt dienden te blijven. Het sterkst spreekt dit in de militaire sector waar elke seconde die er te veel verloopt voor het uitvoeren van tegenmaatregelen, veel ernstiger situaties kan doen ontstaan.

Deze, maar ook talloze andere toepassingen waarbij mensenlevens afhangen van het goed functioneren van elektronische apparatuur, beïnvloedden sterk de eisen van betrouwbaarheid welke men aan de communicatiesystemen ging stellen. De betrouwbaarheid, of zo men wil de onbetrouwbaarheid, wordt bepaald door de apparatuur zelf en door het medium, de atmosfeer, waaraan men de signalen moet toevertrouwen.

Wat betreft het medium, de "vrijwel steeds" aanwezige verstrooiingsignalen waren in principe voldoende sterk om er de 2500 km mee te overbruggen van het fictieve referentiecircuit in ca. 10 sprongen van 150 tot 500 km en tevens te voldoen aan de eisen van het C.C.I. Men kon dan, met de middelen die men nog bereid was in te zetten, bereiken dat gedurende de maand van het jaar met de slechtste propagatiecondities, het circuit gemiddeld één minuut per dag tengevolge van deze condities niet aan minimumeisen voldeed. Deze waarde is indrukwekkend, vooral wanneer men bedenkt dat dit voor de slechtste maand van het jaar geldt; het jaargemiddelde is nog ongeveer een factor 10 beter.

In het algemeen is de apparatuur echter nog steeds niet aanmerkelijk betrouwbaarder dan vroeger en zij is thans bepalend geworden voor de kwaliteit van het circuit. Dit ondanks alle voorzorgen welke men bereid was te nemen, zoals het volledig dubbel uitvoeren van de keten, waarbij het falen van welk onderdeel ook, geen uitvallen van het netwerk veroorzaakt: de apparatuur blijft bepalend voor de stagnatie van het bedrijf. Ik wil hier overigens wel opmerken dat er geen enkel ander verbindingsmiddel is dat een betere betrouwbaarheid oplevert, niet de kabel en ook niet de straalverbinding. Voor de kabelverbinding wordt de situatie eerst goed bedenkelijk, wanneer men buiten de landen komt waar de techniek op een hoog peil staat; de straalverbinding heeft ongeveer 5 à 6 maal zoveel zenders en ontvangers nodig als de verstrooiingsverbinding.

De jaren tussen 1950 - 1960 noemt men wel eens de betrouwbaarheidsperiode, de periode waarin men de betrouwbaarheid steeds meer ging zien als een fundamentele karakteristiek van elk onderdeel, van elke gemonteerde eenheid en van elk compleet systeem. Thans is, door het principieel aanpakken van het probleem enerzijds, door de ontwikkeling van de transistor anderzijds, de toekomst voor betrouwbare radiocommunicatie veelbelovend.

Met de verstrooiingstechniek kon men tot 60 telefoniekanalen overdragen, en wanneer de afstand niet te groot is zelfs tot 240 kanalen. Om de verstrooiingsverliezen te verminderen koos men de golflengte langer dan bij de straalverbindingen. Dit betekent dan echter ook, dat de antennes om een winst te behalen vergelijkbaar met die bij de straalverbindingen, evenredig groter dienen te zijn. De verstrooiingstechniek werd toegepast in de slagader van een door de NATO tot stand gebracht net dat zich uitstrekt van Noord-Noorwegen tot in Oost-Turkije. Met circa vijftig radiostations geeft het een ononderbroken telefonisch contact tussen de vele operationele centra, kwartieren en hoofdkwartieren. Het is een techniek met ontvangers waaraan men hoge eisen van gevoeligheid stelt, maar voorts van "brute kracht", met zendvermogens tot 50 kW en met parabolische reflectorantennes met een diameter tot 40 m, opgesteld hoog in de bergen, om de verstrooiingshoek klein te houden, soms beladen met ijs en blootgesteld aan de stormen van een bar klimaat. Ook onder deze omstandigheden, bij windstoten met snelheden tot 240 km per uur, wanneer er krachten aan de antennes rukken die gemeten worden in veelvouden van tonnen, zal de kwaliteitsvermindering van het systeem binnen de gestelde grenzen moeten blijven; dit ondanks het

feit dat het vermogen uitgestraald wordt in een bundel waarvan de openingshoek kleiner kan zijn dan een graad.

Bij onze beschouwingen over de ionosfeer stelden we dat signalen met frequenties boven een bepaalde grenswaarde niet meer weerkaatst worden. We konden daaruit de conclusie trekken dat deze signalen daarmee voor de communicatie verloren zijn. Deze conclusie heeft men trouwens jarenlang getrokken. Een nauwkeurig onderzoek leert dat niet alles verloren gaat. Reeds in 1913 heeft KENNELLY erop gezinspeeld dat een deel van de energie door verstrooiing terug zou kunnen komen tengevolge van turbulenties in de lagere delen van de ionosfeer. Vele jaren bleef deze kwestie onopgemerkt liggen. Het was ook hier slechts een fractie welke terug kwam, maar het uitermate zwakke verstrooiingssignaal was ook thans "vrijwel steeds" aanwezig. Toen de V.S. omstreeks 1950 genoodzaakt werden militaire posten ver binnen de poolcirkel in te richten, bleek dat deze verstrooiingssignalen in die streken zelfs nog iets sterker zijn dan in de gematigde luchtstreken en bovendien bij abnormale propagatiecondities in sterkte toenemen in plaats van afnemen, zoals de gereflecteerde signalen. In de V.S. en ook in Engeland zag men het grote belang van deze ionosferische "scatter"-propagatie in. Met indrukwekkende voortvarendheid voerde het National Bureau of Standards, tesamen met een ingenieursbureau in opdracht van "United States Air Force" een zo compleet meetprogramma uit, dat enkele jaren later de mogelijkheden van het medium voor de nieuwe toepassing in hoofdzaak wel verkend waren. Het bleek dat men er, bij gebruik van een golflengte van circa 6 m, zelfs sprongen van 1000 tot 3000 km mee kon maken, waarbij men een beperkt aantal telegraafkanalen van commerciële kwaliteit kon overdragen en soms enkele telefoonkanalen van matige kwaliteit. De mogelijkheden zijn hier belangrijk beperkter dan bij de troposferische verstrooiing. Dit is onder andere een gevolg van de grotere golflengte, waardoor het om praktische redenen niet mogelijk is antennes met een vergelijkbare bundeling te bouwen als voor de eerder besproken gebieden. Bij een verkleining van de golflengte neemt namelijk het verstrooiende effect van de ionosfeer af. Ook bij de ionosferische verstrooiing treft men aan grote zendvermogens, zeer gevoelige ontvangapparatuur en grote antennes, veelal zgn. "corner antennes", netwerken, gespannen tussen een 9-tal masten van 50 m hoogte en met een ontvangend oppervlak van 900 m², in sommige gevallen blootgesteld aan een ijsbedekking tot 10 cm en aan de stormen van het poolgebied. U ziet, men won belang-

rijk aan afstand, maar de capaciteit bleef sterk achter bij wat men op kortere afstanden bereikte, ondanks de zware middelen die werden ingezet.

In 1953 kwam het eerste circuit met 4 telegraafkanalen gereed van Maine (V.S.) in drie sprongen naar Thule in Noord-Groenland, ver binnen de poolcirkel, 3000 km van de bewoonde wereld. Mannen die deze stations bouwden, uithakten uit het ijs, hebben een donkere winter gekend.

Toch, met de komst van al deze "betrouwbare radiotechnieken" is er nog steeds geen antwoord gegeven op één uitdaging die de kabel heeft gesteld: de sprong van één continent naar een ander, betrouwbaar en met grote capaciteit en economisch. Het satellietrelais of de satellietreflector, in 1945 met ongelofelijke visie gesuggereerd door de Engelse fysicus en schrijver van populair-wetenschappelijke artikelen, ARTHUR CLARKE, schijnt thans een antwoord te zijn. De satelliet kan passief zijn, en fungeert dan slechts als spiegel voor van de grond opgezonden signalen, kan ook actief zijn, zoals de satellieten "Telstar" en "Relay", en bevat dan twee zenders en twee ontvangers, teneinde voor het verkeer in beide richtingen de signalen op te vangen, te versterken en door te zenden. Uiteraard dienen voor dit verkeer frequenties gebruikt te worden welke door de ionosfeer doorgelaten worden aangezien de satelliet zich daarboven bevindt.

Satellieten kunnen op verschillende hoogten om de aarde wentelen. Praktische hoogten liggen tussen 4.000 en 15.000 km; de omlooptijd van de satelliet is daarbij korter dan de omwentelingstijd van de aarde zelf. Een andere mogelijkheid is een hoogte van circa 36.000 km, in welk geval de omlooptijd dezelfde is als van de aarde en de satelliet komt dan op een vast punt aan onze hemel te staan.

In het eerste geval heeft men een groot aantal satellieten nodig, om een voldoende grote kans te hebben dat er zich minstens één bevindt boven de horizon van de twee punten welke verbonden moeten worden. Het systeem dat de American Telegraph and Telephone Company voorstelt met 40 actieve satellieten in polaire banen en 15 in equatoriale banen, zou tussen ieder willekeurig tweetal punten op aarde communicatie kunnen verschaffen gedurende 99,9 procent van de tijd en met 18 satellieten meer, gedurende 99,99 procent. Met satellieten welke op een vast punt van de hemel staan, zou het mogelijk zijn met een drietal, op onderling gelijke afstanden, vrijwel het gehele bewoonde deel van de aarde bereiken. Het op de juiste plaats houden van deze kunstmanen dient van de aarde af te geschieden met behulp van rekenmachines, die van tijd tot tijd signalen afgeven welke de

positie corrigeren. Een probleem vormt de lange looptijd van het signaal, wanneer dit voor telefonie gebruikt wordt.

Al deze mogelijkheden stellen hoge eisen aan de gevoeligheid van de ontvangapparatuur van de grondstations, van de uit te stralen vermogens aan de zendkant en vragen voorts het uiterste van de betrouwbaarheid van de eventuele apparatuur in de satellieten. Zo zijn thans de kabel en de radio in staat continenten te verbinden met systemen van waarschijnlijk vergelijkbare betrouwbaarheid en waarvan de economische mérites in de naaste toekomst zullen blijken.

Samen met de communicatiemiddelen te water, te land en door de lucht, groeide en verweefde zich de telecommunicatie met het over de gehele aarde dichter en dichter wordende web van menselijke activiteiten. Naarmate de overdrachtskwaliteit van de "tele-netten" toenam, kon men er meer gecompliceerde zaken over afhandelen. Zaken die door hun ingewikkelde problematiek geen verdere verhoging toelaten van het element *onzekerheid* door gebrekkige kwaliteit van de overdracht. Wanneer het mogelijk zou zijn thans een schatting te maken van het percentage van alle dirigerende activiteit, dat per telefoon of telegraaf afgewikkeld wordt, dan zou het resultaat wel eens verbluffend hoog kunnen zijn. De mens wordt steeds meer in staat gesteld zich te concentreren op het essentiële van de communicatie: het formuleren en verwerken van gedachten.

Toch is een directer contact in vele gevallen onmisbaar en kan de telefoon of telegraaf niet veel meer zijn dan een middel om een afspraak te maken voor een bijeenkomst. Het moet ons interesseren wat men dan verder nog wel wenst, want blijkbaar is het "telecontact" niet zo volledig als we wel eens geneigd zijn aan te nemen.

Wat men verlangt is te beschikken over meer van het wezen van de ander: het gebaar, de verraste blik, de zorgelijke rimpels op het voorhoofd, men begeert een directer menselijk contact. Het is door deze schijnbaar onbelangrijke extra informatie, dat onzekerheid in de communicatie wordt weggenomen. Uiteraard is hieraan het meeste behoefte bij belangrijke beslissingen en men heeft er dan dikwijls grote financiële offers voor over om aan de bezwaren van het reizen te ontsnappen en toch meer informatie ter beschikking te krijgen dan de telefoon alleen kan bieden.

Hierdoor wint een vorm van telecommunicatie meer en meer veld, welke ik - in plaats van met het Engelse "Closed circuit TV" - zou willen aanduiden met "Besloten TV", thans echter met het bijzondere kenmerk dat de verbinding, zowel voor spraak als voor beeld,

dubbelgericht is. Men bereikt hiermede een besloten visueel en verbaal telecontact. Wanneer men de nodige voorzieningen treft van regie, dan worden de mogelijkheden van een vergadering in één ruimte geëvenaard en in sommige opzichten nog overtroffen. We mogen ons echter wel realiseren dat de transmissie van de informatie welke in het beeld verankerd ligt ongeveer de duizendvoudige bandbreedte vraagt van die van het telefoniesignaal!

Zoals opgemerkt doet zich de behoefte aan de extra informatie die het beeld bevat, het duidelijkst gevoelen bij belangrijke beslissingen. Toch is het wel waarschijnlijk dat de huidige generatie het missen van het beeld, ook bij minder gewichtig gebruik van de telefoon, heeft moeten overwinnen, zoals de zakenman, omstreeks de eeuwwisseling, die bij het horen van het gerinkel van de telefoon eerst zijn hoed ging opzetten om deze bij het zeggen van "goeden middag" eerbiedig te kunnen afnemen.

In het voorgaande heb ik getracht iets over te dragen van hetgeen er in een deel van de vele technische vakgebieden groeide als resultaat van de ideeën en het streven van een kleine minderheid. Ideeën welke dikwijls in stilte en afzondering geboren werden, soms ook de discussie, de communicatie, als noodzakelijke voorwaarde behoeften. Men spreekt dan van *groepscreativiteit*: denkbeelden, ideeën, worden door het ene individu bij het andere opgewekt als waren het elektronen, vrij gemaakt uit het atoom door andere elektronen. Zo kon er tenslotte een communicatiesatelliet ontstaan als resultaat van de kundigheid van een kleine voorhoede.

Uiteraard zijn er nog vele taken voor de toekomst: nog snellere en meer betrouwbare communicatie, nog meer communicatie en over nog grotere afstanden. Binnenkort zullen dit reeds afstanden zijn van de orde van grootte van die van ons zonnestelsel. Maar waartoe dan? Een vraag welke ook door de ingenieur geopperd behoort te worden en uit het antwoord daarop kan hij wellicht steun putten wanneer hij vraagt naar de zin van zijn werk.

De mens schiep zijn techniek, maar omgekeerd werd ook de mens weer gevormd door zijn eigen werk. De luchtreiziger, hoog boven de wolken, die zich als een onafzienbaar gebergte naar alle zijden onder hem uitstrekken, zo nu en dan een blik openend op zijn wereld beneden, is een ander mens dan de man in de trekschuit. Maar ook degeen die thuis blijft en indirect kan meebelevan wat sommigen

direct mogen ervaren, heeft een ander beeld van de wereld, dan de mens van weleer.

De techniek heeft de mens niet alleen grotere materiële welvaart gebracht, zij ontsloot voor hem tevens de mogelijkheid in andere verhoudingen te denken. Het werk van de alpha-wetenschappen, de vertaling ervan door literaire en plastische verbeelding op voor de grotere massa aanvaardbare niveaus, kan in een wereld waarvan de horizon verwijd werd op meer of althans een andere weerklink rekenen. Wij beleven het dat er sprookjes werkelijkheid geworden zijn waarvan de mensheid droomde sinds zij kon dromen. In onze tijd zal er waarschijnlijk nog een droom gerealiseerd worden, één die we ons eigenlijk nog eerst sedert kort kunnen permitteren: de ruimtevaart. En deze zal ons wellicht nog veel ingrijpender veranderen. Maar in deze zelfde tijd schijnt de realisering van de simpele, door ieder begeerde en door de mens gecreëerde idee "vrede op aarde" verder af dan ooit.

Hiervoor zijn blijkbaar óf andere ideeën nodig dan wij thans kunnen opbrengen óf wij behoeven een andere samenleving om voldoende weerklink te kunnen ontmoeten. Op deze en op andere gebieden zal de menselijke geest werkzaam moeten zijn om onze planeet bewoonbaar te maken voor de velen die op komst zijn. Wij zien reeds voor ons de eindeloze reeks nationale en internationale conferenties welke nodig zijn om stap voor stap verder te komen, conferenties waarop vele individuen te gefrustreerd raken om nog voldoende deel te kunnen hebben aan de creativiteit welke een groep zou kunnen leveren. Hiervoor zal de telecommunicatie straks de middelen voor beeld en geluid beschikbaar dienen te stellen om diegenen, waar ook op aarde, van wie de ideeën moeten komen, niet alleen verstaanbaar, maar ook als mens tot elkaar te brengen, op het moment dat de grond vruchtbaar is.

Misschien kunnen hun ideeën gemakkelijker aanslaan bij een mensheid die in staat is zich los te maken van de plaats waar zijn soort geschapen werd. Vanuit de wereldruimte terugblikkend naar onze planeet, zou het kunnen zijn dat de scheidingslijnen welke ons thans verdeeld houden, onbetekenender blijken dan we thans bij machte zijn te zien. Voor diegenen die graag van te voren een praktisch nut zien: dan hebben we de ruimtetelecommunicatie nodig om elkaar dit te vertellen.

Bij de aanvaarding van mijn ambt zij het mij vergund in de eerste plaats *Hare Majesteit de Koningin*, wie het behaagd heeft mij te be-

noemen tot hoogleraar aan deze Hogeschool, mijn eerbiedige dank te betuigen.

Mijne Heren Curatoren,

Dat U heeft willen medewerken aan mijn benoeming aan deze Hogeschool, vervult mij met gevoelens van dankbaarheid. Ik verzeker U naar mijn beste vermogen te zullen werken aan de mij opgedragen taak en hoop daarbij iets te kunnen bijdragen tot de vormgeving van het gebied dat mijn bijzondere aandacht heeft. Ik hoop ook te kunnen helpen om de jongeren van thans straks met vrucht te doen reageren op de problemen die deze dynamische tijd op zo vele gebieden stelt.

Mijne Heren Leden van de Senaat,

Ik beschouw het als een groot voorrecht in Uw kring te worden opgenomen. Zoals ik in het voorgaande geschetst meen te hebben, heeft het vak dat ik zal doceren problemen van mathematische, van fysische en van mechanische aard. Ik zou het op prijs stellen, wanneer dit nodig is, van Uw kennis gebruik te mogen maken bij mijn pogen de elektronica verder te helpen uitbouwen.

*Mijne Heren Voorzitter, Secretaris en Leden van de afdeling der
Elektrotechniek,*

Ik ben er mij van bewust dat de voordracht voor mijn benoeming van U is uitgegaan en ik betuig mijn oprechte dank voor het in mij gestelde vertrouwen. De bijzonder prettige geest van samenwerking welke er van Uw afdeling uitgaat, zal voor mij een belangrijke stimulans zijn bij mijn werk.

Hooggeleerde Van Soest,

Nog veel denk ik terug aan de jaren van voor de oorlog, waarin ik onder Uw leiding met zoveel genoegen heb mogen werken bij de toenmalige Commissie voor Fysische Strijdmiddelen. Veel heb ik

geleerd van Uw stimulerende instelling ten opzichte van de problemen die wij op te lossen hadden. Aangezien het vak dat ik zal doceren ook zal moeten putten uit het gebied dat de directe menselijke communicatie bestudeert, en dat Uw grote wetenschappelijke belangstelling heeft, hoop ik, zoals vroeger, bij U te mogen aankloppen wanneer dit nodig mocht zijn.

*Mijnheer de Directeur Generaal van de Staatsbedrijf P.T.T.,
Hooggeleerde Bast,*

De beslissing het Staatsbedrijf P.T.T. voor goed de rug toe te keren, na bijna 27 jaar daar werkzaam te zijn geweest, was moeilijk. Ik heb het steeds als een bijzonder mooie taak beschouwd te mogen medewerken aan het tot stand brengen van verbindingen in een bedrijf, dat voor een belangrijk deel ook dank zij Uw werk op het gebied van de telecommunicatie een zo vooraanstaande plaats in de wereld inneemt. Ik hoop door mijn werk aan deze Hogeschool jongeren het enthousiasme te kunnen bijbrengen dat het communicatievak waard is.

Hooggeleerde Van Zoest en Mulders,

Het is voor mij een genoegen de prettige contacten welke ruim twintig jaar geleden voor het eerst plaats vonden, thans te kunnen hervatten. Ik weet ook nu, zoals vroeger, weer op Uw hulp en steun te mogen rekenen.

Mijne Heren Directeuren, Collega's en Technici van het Staatsbedrijf P.T.T.,

De ervaring die ik heb mogen vergaren is voor het grootste deel door het werken met U verkregen. Ik ben erg dankbaar voor het feit dat deze samenwerking ook bij mijn nieuwe taak een prettige en goede achtergrond zal blijven vormen voor dikwijls dezelfde problemen als die waaraan ik in Uw midden mocht werken. Ik neem aan wederom een beroep op U te mogen doen, wanneer dit nodig zou zijn.

Dames en Heren Studenten,

In het vak dat ik voor U zal doceren en dat aangeduid werd met de naam "Radio-systemen," wordt het effect onderzocht van de totale apparatuur en van het overdrachtsmedium op de af te leveren informatie. Dit vak is een gebied geworden met een eigen problematiek. Ik hoop bij het onderricht hierin in staat te zijn die belangstelling te wekken die nodig is om sommigen Uwer later in de voorhoede van deze techniek te brengen.

Voor U is thans Europa het vaderland en de gehele wereld staat voor U open. Dit is een bijzonder aantrekkelijk perspectief, maar het maakt ook dat velen Uwer te concurreren hebben met collega's uit andere landen van de Europese Gemeenschap, waarbij de taal waarmede U opgroeide geen te grote belemmering mag betekenen. U zult hierbij Uw weg hebben te vinden, zowel op technisch-wetenschappelijk gebied als op dat van de organisatie, ook wanneer U geen richtingsborden meer vindt. U zult dan zelf de wegen en de voertuigen hebben te bedenken en te maken die U verder kunnen brengen. Ik hoop ertoe te kunnen bijdragen U voor te bereiden op deze creatieve taak. Want het is door het creatief vermogen van de mens waardoor wij uit een duister verleden met een mager bestaan traden in het heden met zijn zorgen en wellicht op weg naar een voller en gelukkiger toekomst. Het woord is daarbij straks aan U.

Ik heb gezegd.