Tijdschrift van het
Nederlands Radiogenootschap
DEEL 23 No. 2 1958

De overdracht van omroepprogramma's via het interlokale telefoonnet

door D. van den Berg *)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap op 25-4-'57.

Summary.

For the programme transmission over the Netherlands wire-broadcasting network much use is made of trunk cables.

The author describes the various types of programme circuits and the additional repeaters and branching amplifiers.

Furthermore he explains what networks are required for the afore-said transmission, what demands they have to meet, and how the networks are maintained.

1. Internationale aanbevelingen voor muziektransmissie.

Het telefoonnet en met name het moderne telecommunicatienet leent er zich uitermate goed voor om muziekprogramma's over te brengen, of ruimer geformuleerd: programma's die aan de telefoonfrequentieband van 300-3400 Hz niet voldoende hebben, kunnen op zeer behoorlijke wijze langs kabelverbindingen worden overgebracht.

De Union Internationale des Télécommunications (U.I.T.) die als één van zijn onderdelen heeft het Comité Consultatif International Téléfonique (CCIF) dat onlangs zijn naam een iets gewijzigde vorm heeft gegeven waarbij de telecommunicatie als zodanig wordt genoemd, (CCITT) heeft indertijd een aanbeveling uitgegeven, welke in zekere zin curieus is en aan de andere kant voldoende aanknoping geeft om het onderwerp te introduceren.

*) Centrale Directie PTT

De aanhef van deze aanbeveling is aardig genoeg om volledig weer te geven:

„Le Comité Consultatif International Téléfonique considérant „que la radiodiffusion sonore est devenue un élément impor- „tant de la vie sociale . . ."

De aanbeveling zegt dan verder dat de ervaring heeft geleerd, dat de uitwisseling van radioprogramma's over een grote uitgestrektheid zich het beste laat verwezenlijken door het gebruik van lange kabelverbindingen, die in staat zijn alle essentiële frequenties over te dragen die voor een goede muziekweergave nodig zijn, met name dat deze verbindingen beschermd zijn tegen atmosferische storingen, welke radio-uitzendingen vaak nadelig beïnvloeden en dat het relayeren van radio-uitzendingen d.m.v. internationale kabelverbindingen uit een economisch oogpunt bezien het voordeel heeft dat een willekeurig aantal radiostations kan profiteren van een artistiek programma van uitstekende kwaliteit, dat daardoor kostbaar is, ofwel van een toespraak of bijeenkomst, welke van grote algemene interesse is.

Het Comité Consultatif International Télégraphique et Téléfonique geeft tenslotte eenstemmig de raadgeving:

„dat het wenselijk is, dat het relayeren van radio-uitzendingen „wordt bewerkstelligd door muzieklijnen in internationale „telefoonkabels.

Daartoe onderscheidt men enkele typen. Deze zullen voor zover ze van belang zijn voor het transport van de programmastof in het draadomroepnet straks nog ter sprake komen.

Het CCITT heeft om deze materie wat toe te lichten een figuur in één van zijn publicaties afgedrukt (fig. 1). Het is wel interessant om aan de hand daarvan te zien, hoe men zich deze materie heeft gedacht.

In fig. 1 is een min of meer hypothetische radio-uitzending uitgebeeld van het Edinburgh-festival, waarbij de BBC als organiserende omroeporganisatie de programmastof aflevert op het punt *A*; dit is ter plaatse van de reportage.

Van het punt *A* gaat het transport verder naar het PTT-kantoor in Edinburgh langs een lokale verbinding, punt *B* in de figuur. Nu wordt deze uitzending voorbeeldsgewijs uitgezonden door een lokale zender in Venetië. In dit voorbeeld is Venetië gekozen, omdat dit niet zelf over een PTT versterkerstation beschikt; het versterkerstation ligt iets buiten het kanalengebied in Mestre.

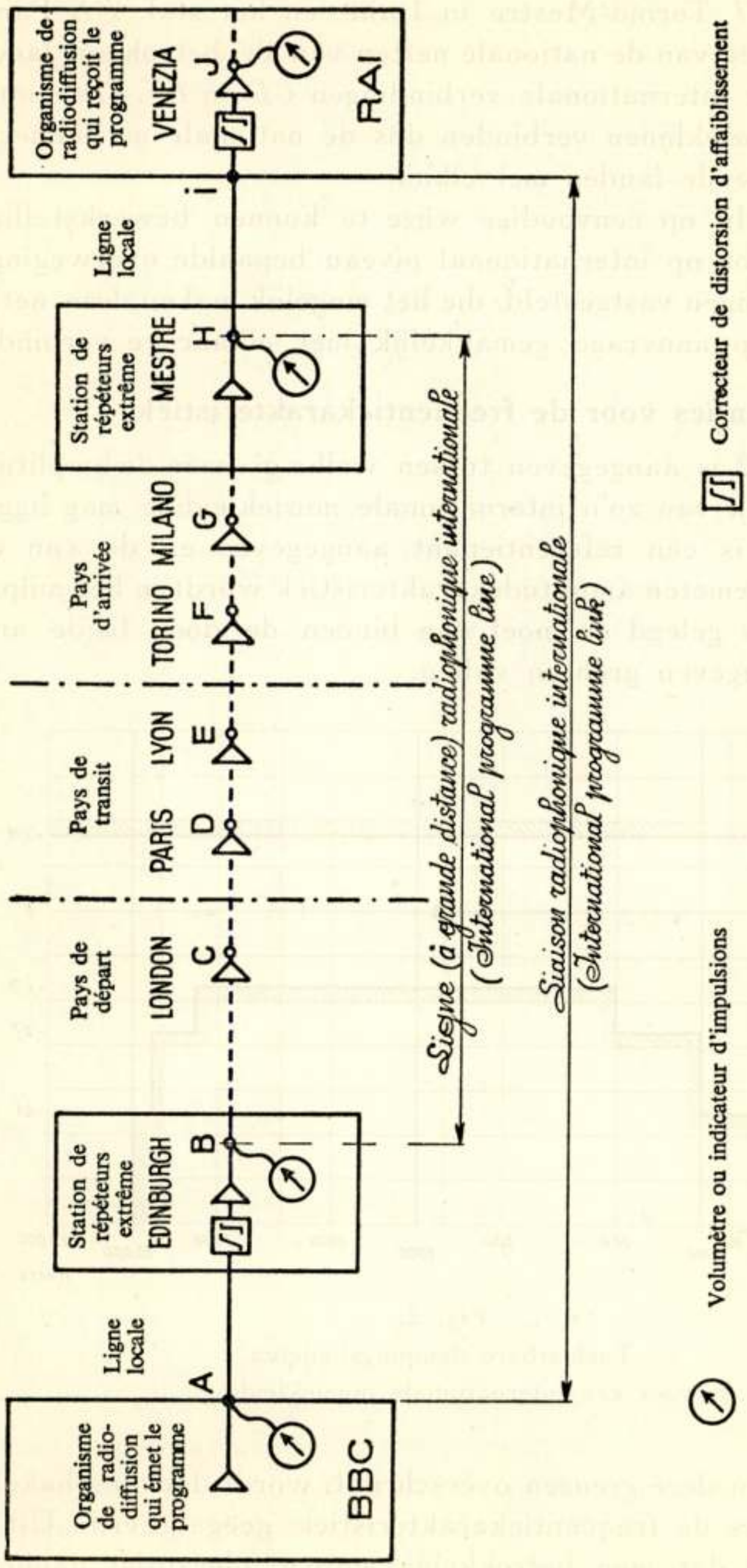


Fig. 1.

Schema van een internationale muziekleiding.

De internationale muziekleiding *BH* van Edinburgh naar Mestre bevat dan het stuk *BC* van Edinburgh naar Londen, het stuk *FH* Torino-Mestre in Italië, en het stuk *DE* Parijs-Lyon als delen van de nationale netten van de betrokken landen en voorts de internationale verbindingen *CD* en *EF*. Deze internationale muzieklijnen verbinden dus de nationale muzieknetten der verschillende landen met elkaar.

Teneinde dit op eenvoudige wijze te kunnen bewerkstelligen zijn daarvooor op internationaal niveau bepaalde overwegingen en aanbevelingen vastgesteld, die het mogelijk maken deze netten inderdaad op aanvrage gemakkelijk met elkaar te verbinden.

1.1. Toleranties voor de frequentiekarakteristiek.

In figuur 2 is aangegeven tussen welke grenzen de amplitudekarakteristiek van zo'n internationale muziekleiding mag liggen. Bij 800 Hz is een referentiepunt aangegeven en de van een verbinding gemeten amplitudekarakteristiek wordt in het nulpunt voor 800 Hz gelegd en moet dan binnen de door beide arceringen aangegeven grenzen vallen.

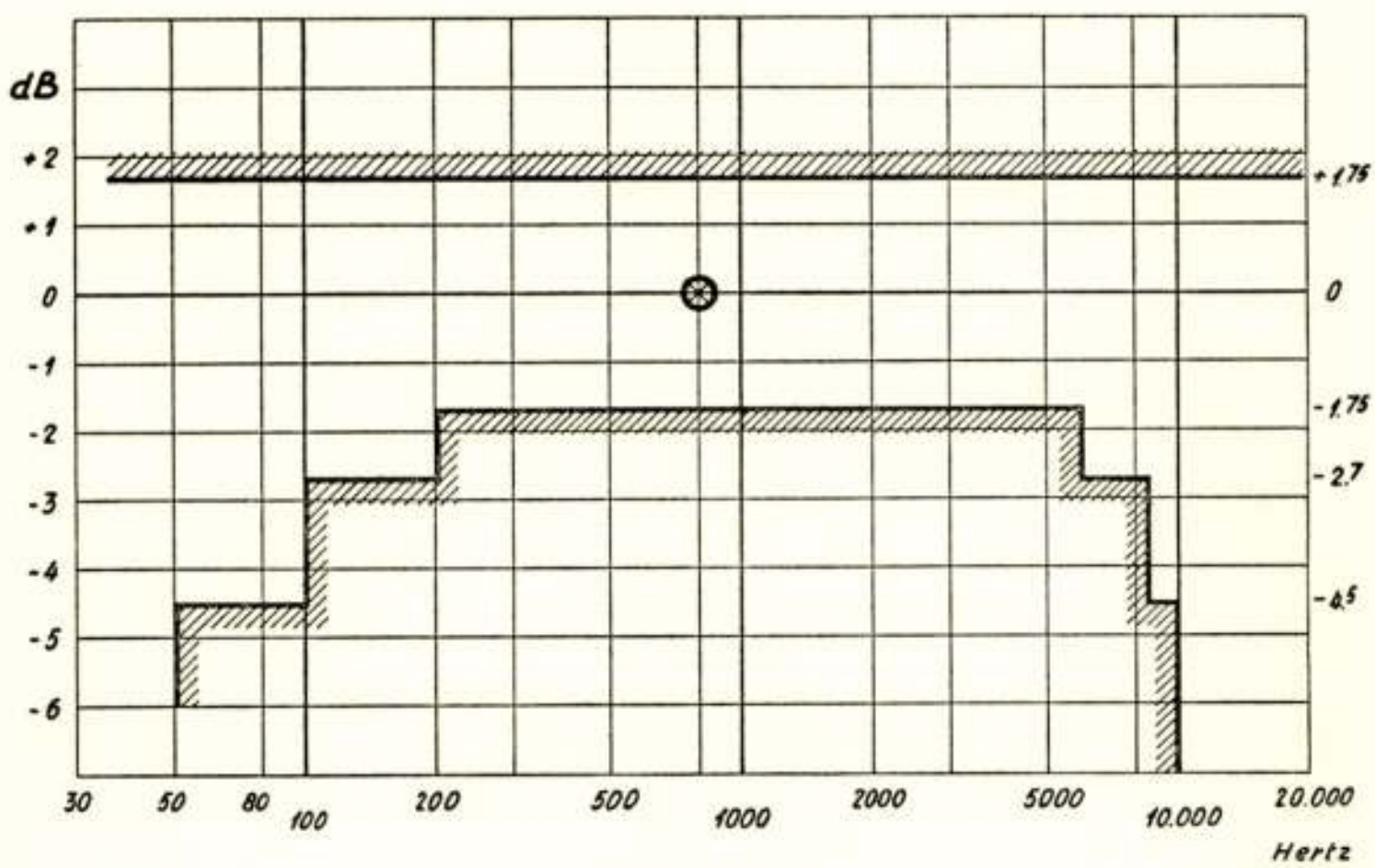


Fig. 2.
Toelaatbare dempingslimieten
voor een internationale muziekleiding.

Indien men deze grenzen overschrijdt, wordt door inschakeling van effenaars de frequentiekarakteristiek geëgaliseerd. Uit de figuur blijkt dat men betrekkelijk nauwe toleranties aanhoudt n.l. 1.75 *dB* (0.2 *N*).

1.2. Verschillende typen muziekleidingen.

Binnen deze internationale aanbevelingen heeft men nu in de verschillende landen een muzieknet opgebouwd, dat op verschillende wijzen kan zijn gerealiseerd.

In Nederland onderscheidt men 3 soorten muziekleidingen.

In de eerste plaats de oudste vorm: speciale dubbeldraden, die in telefoonkabels met de telefoonaders zijn meegeslagen, doch zich daarvan onderscheiden, doordat ze zijn omwikkeld met een strook staniolband, teneinde ze electrisch af te schermen tegen storende invloeden. Men heeft deze laagfrequente kabeladers soms van een passende pupinisering voorzien, waardoor de frequentiecurve iets vlakker is.

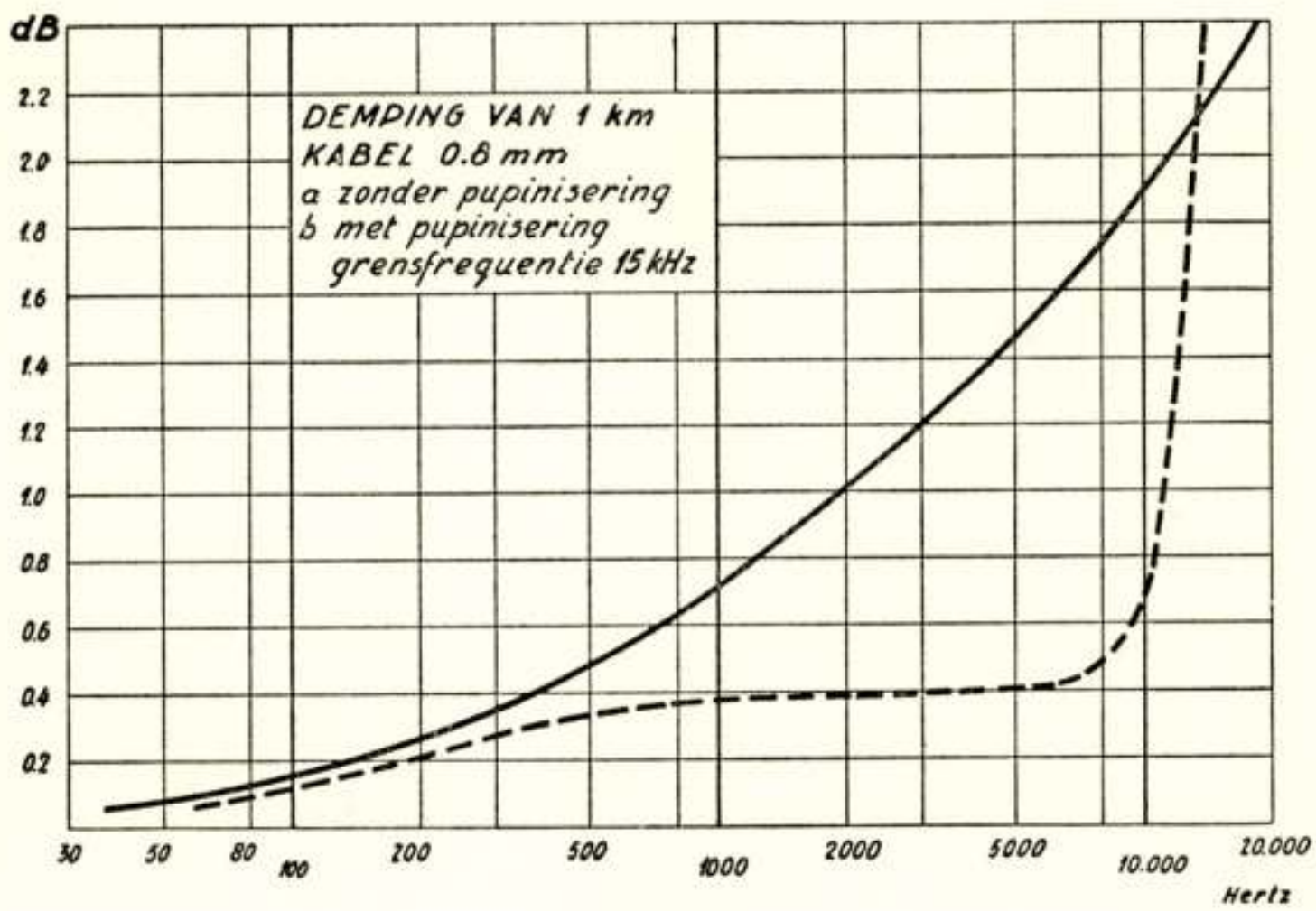


Fig. 3.
Kabeldempingen.

Figuur 3 geeft de demping weer van zo'n laagfrequente kabelader; de getrokken lijn geeft de demping weer indien geen pupinisering aanwezig is en de gestippelde lijn geldt voor een pupinisering. die deze ader tot ongeveer 10 000 Hz bruikbaar maakt en dus als zodanig tot muziekader bestempelt.

In het middengedeelte van het frequentiegebied is de demping vrijwel constant; naar boven loopt de frequentiekarakteristiek echter snel op en veroorzaakt een grote demping. Dit heeft ook invloed op de fasekarakteristiek, en dus op de looptijd, vandaar dat men de gepupiniseerde aders voor muziek tegenwoordig niet zoveel meer toepast, temeer daar men met de huidige versterker-

techniek in staat is verschillende vormen van kabeldempingen op elegante wijze te effenen.

Een tweede vorm van muziektransmissie kan worden gevonden in het feit, dat in Nederland een uitgestrekt kabelnet aanwezig is voor de draaggolftelefonie. Men maakt daarbij gebruik van kabels, waarvan de stamcircuits boven 12 kHz worden gebruikt voor de draaggolftelefonie. Het is op eenvoudige wijze mogelijk om gescheiden daarvan circuits te vormen, die in staat zijn om onder deze 12 kHz-grens muziekverbindingen van zeer goede kwaliteit te vormen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zgn. fantoomcircuits (fig. 4).

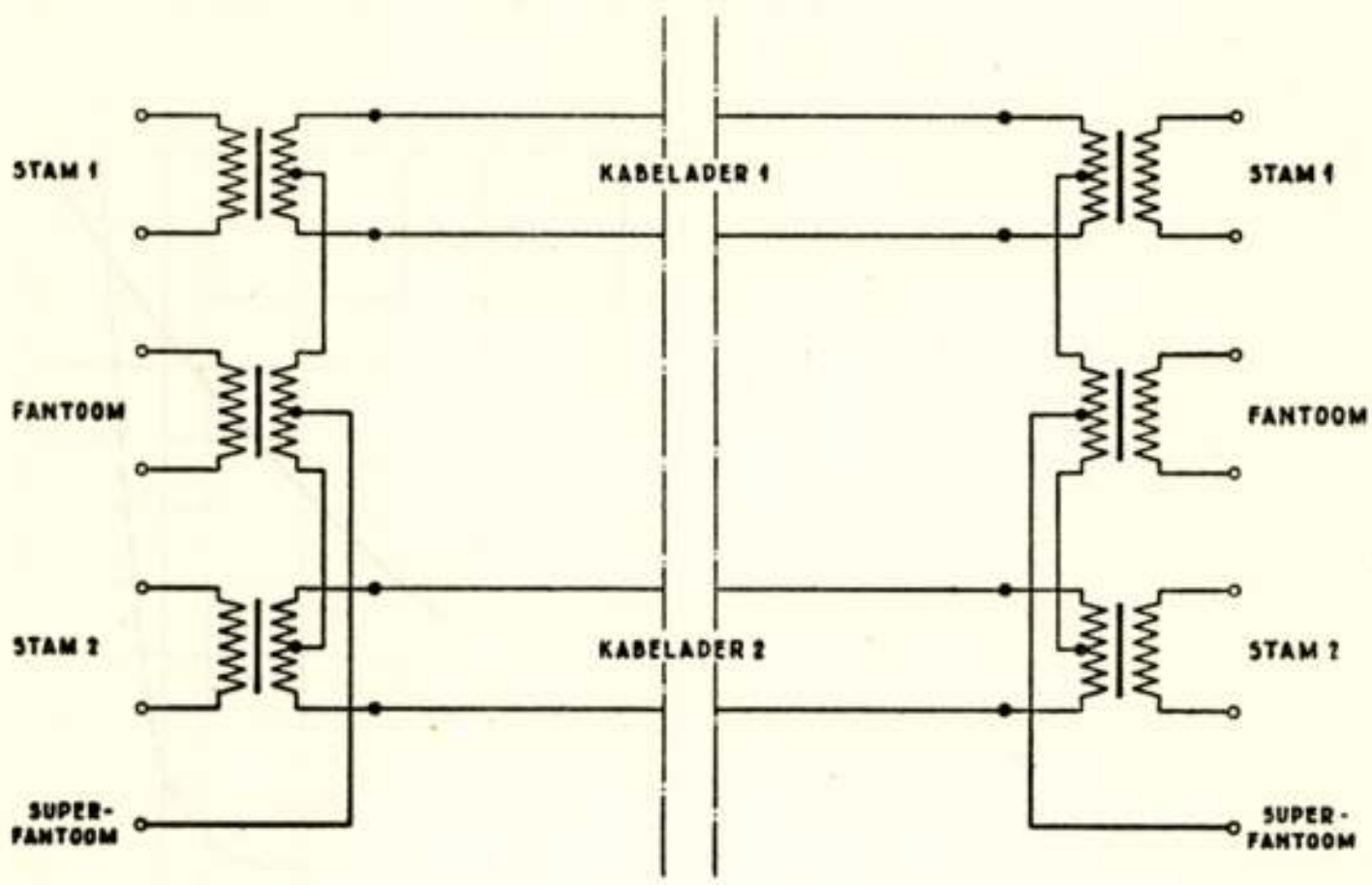


Fig. 4.
Fantoomcircuit voor muziektransmissie:
gevormd op twee aderparen van een draaggolfkabel.

Met deze fantoomcircuits, gevormd op twee stamcircuits van de draaggolfkabels, zijn in Nederland op grote schaal muziekverbindingen tot stand gebracht. De beperking bij het gebruik van deze circuits is, dat bij 12 kHz de draaggolftelefonieband begint, zodat men met de muziek dus niet boven 12 kHz mag uitkomen. Dit is geen bezwaar, want om allerlei redenen heeft het CCITT de muziekband gestandaardiseerd in het „normale type" van 50 tot 10 000 Hz, zoals in figuur 2 is aangegeven. Er komt daardoor een kleine frequentieband als scheiding beschikbaar tussen de bovenste frequenties van de muziekband op het fantoomcircuit en de onderste frequenties van de draaggolfband op de stamcircuits van deze kabels. Wellicht interessant is dat PTT ook het tweede afgeleide circuit, het superfantoom,

nog weet te gebruiken. Het stamcircuit loopt van 12kHz naar boven; het fantoomcircuit wordt gebruikt van ongeveer 50 Hz tot 10 000 Hz, terwijl het super-fantoomcircuit zich dan nog leent om beneden ca 25 Hz te worden gebruikt ten behoeve van telesignalering e.d. Het systeem is overigens met zodanige middelen uitgerust, dat er als gevolg van dit drievoudige gebruik geen storingen in de muziekband kunnen optreden.

Een derde type muziekcircuits, dat in Nederland echter uitsluitend voor de internationale verbindingen met Engeland en Denemarken wordt gebezigd, is dat, waarbij men binnen het draaggolftelefoniestelsel een drietal telefoonkanalen combineert tot een muziekband. Wanneer men zich voorstelt, dat per telefoniekanaal een gebied van 4 kHz beschikbaar is, dan kan een band van 12 kHz eventueel worden gebruikt voor het vormen van 1 muziekkanaal in plaats van 3 aparte telefoonkanalen. In deze theoretische ruimte van 12 kHz kan men in de praktijk tussen 50 en 10 000 Hz een uitstekend muziekcircuit vormen, dat aan de internationale aanbevelingen voldoet.

2. Versterkers.

Ter wille van het beperken van het aantal typen zijn versterkers in gebruik, die een grote flexibiliteit in toepassingsmogelijkheden bezitten. Voor het muzieknet onderscheidt men op het ogenblik eigenlijk 3 typen versterkers, zoals afgebeeld in fig. 5.

Het eerste type stelt de versterker voor, zoals die wordt gebezigd als lijnversterker in de fantoomcircuits.

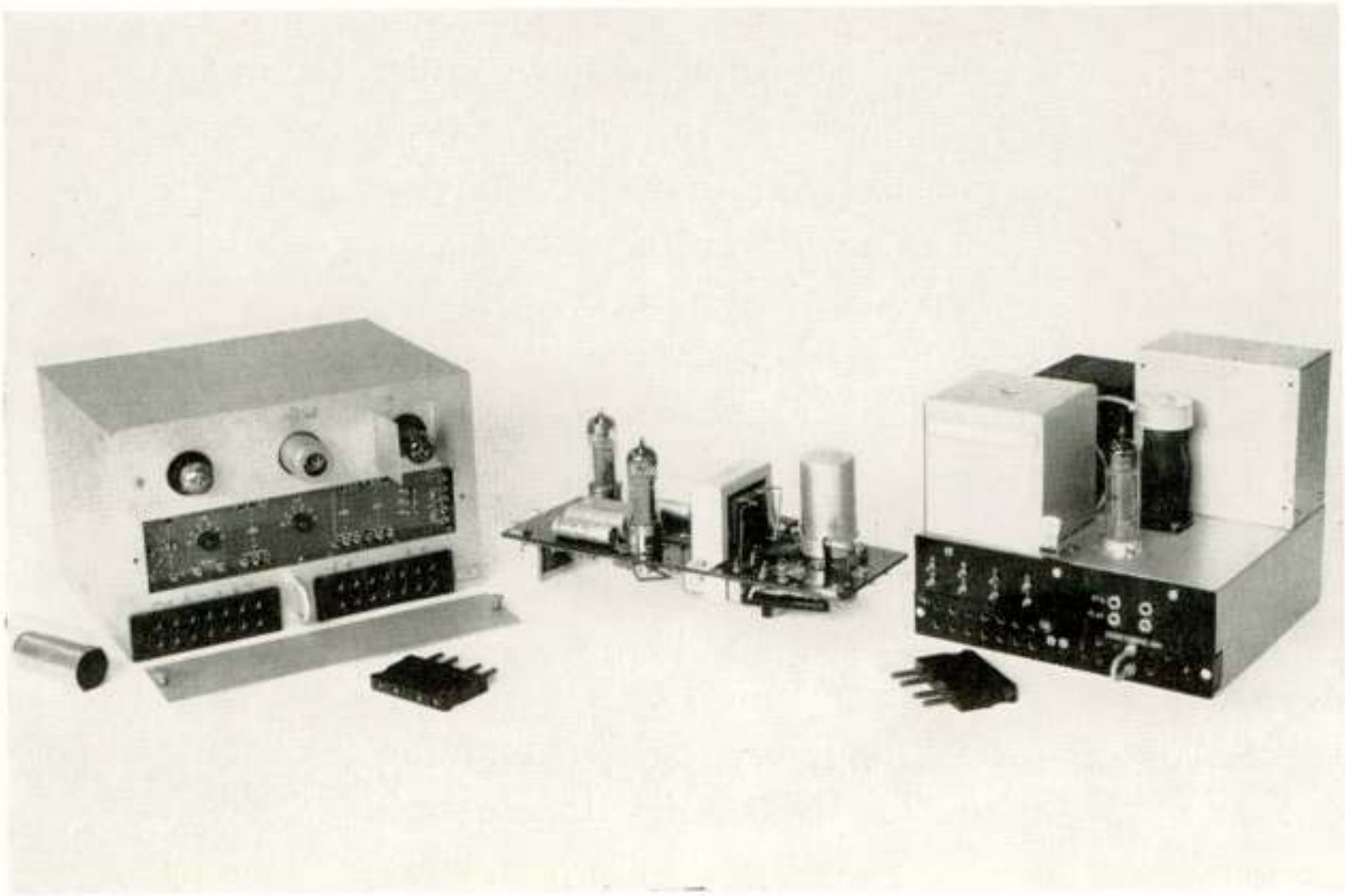
Hij bezit een ingebouwde effenaar, die bereikbaar is via een luikje in de voorzijde waardoor het voor de technicus, die de lijn inmeet, op heel eenvoudige wijze mogelijk is de juiste instelling van de egalisatiemiddelen te bewerkstelligen.

Om overigens betrekkelijk willekeurige redenen worden deze versterkers niet aangeduid naar de typen van de fabrikant, doch naar het jaar waarin ze ofwel ontwikkeld of in gebruik genomen zijn. Genoemde versterker, is het type 51 en het stamt dus, wat de ontwikkeling en de eerste toepassing betreft, zo ongeveer uit 1951.

Hoewel deze versterker speciaal is gebouwd als lijnversterker, is er daarnaast een bescheiden mogelijkheid tot het gebruik als aftakversterker.

Het tweede versterkertype (rechts op de foto's) heeft tot tweemaal toe een verjongingskuur ondergaan.

De oorspronkelijke uitvoering heette type '45 en stamde dus



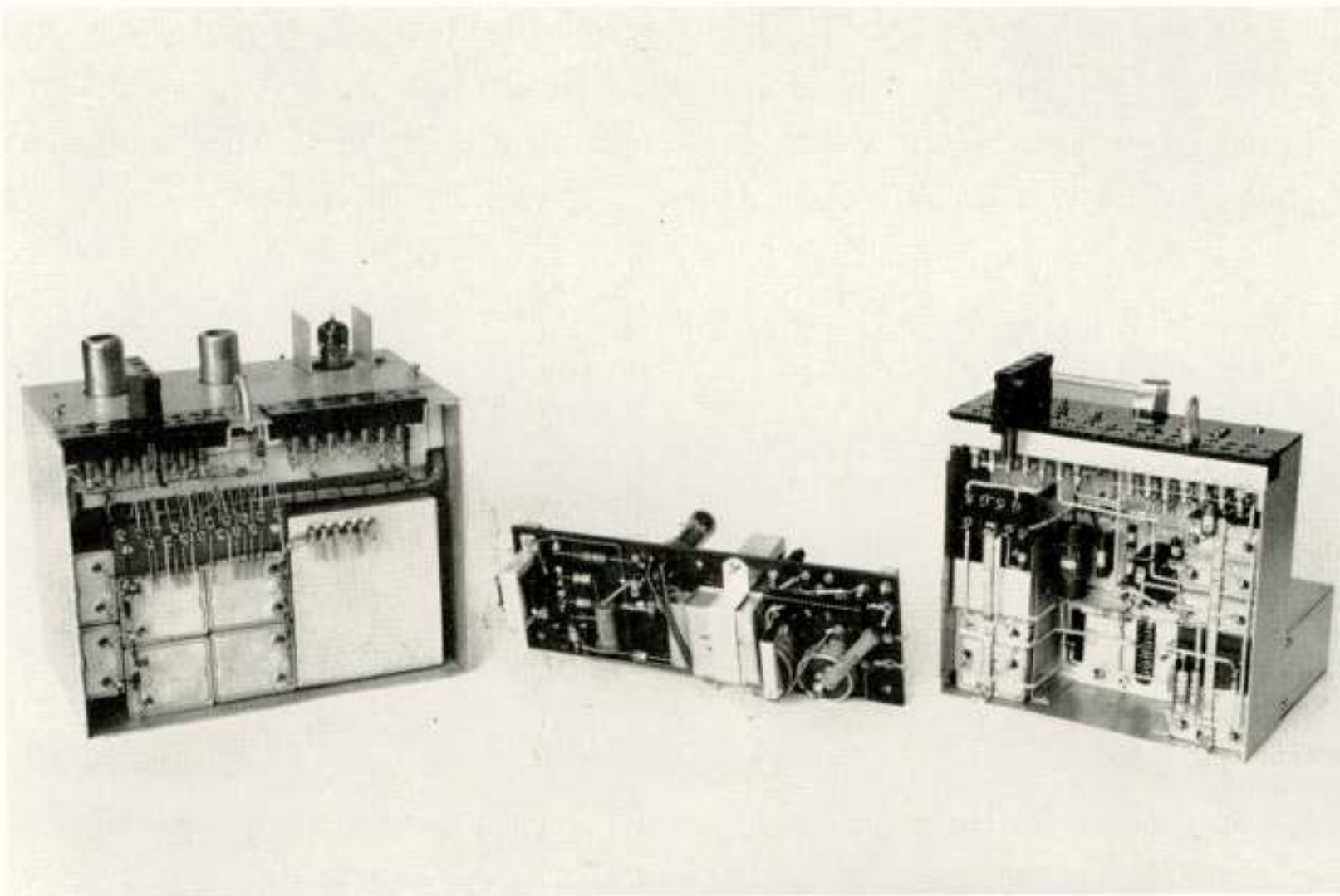


Fig. 5.
Drie typen muziekversterkers
v.l.n.r. de Typen 51, 53, en 54.

van zeer kort na de oorlog, is daarna wat verbeterd en kreeg toen de aanduiding type 50. Zeer onlangs heeft hij opnieuw een verjonging ondergaan en nu is hij bekend als type 54.

Deze versterker is gekenmerkt door het feit, dat hij op vele verschillende manieren kan worden toegepast. Zo kan hij bijv. als lijnversterker met tegelijkertijd splitsmogelijkheden optreden, doordat een losse en instelbare effenaar met 3 stekerpennen op de versterkerromp kan worden aangesloten, welke laatste dan verder de standaardeigenschappen bezit. Het is echter ook mogelijk deze versterker met een versterkingsgraad nul te laten functioneren en hem uitsluitend als splitsversterker te bezigen doordat hij in deze situatie een zeer lage uitgangsimpedantie bezit. Dan is in het midden op de foto's als derde type nog een versterkertje afgebeeld dat een wat ander uiterlijk heeft dan de beide daarnaast afgebeelde typen. Dit is een versterker, die geheel op een pertinaxplaat is gemonteerd en Type 53 is geheten. Hij is uitgerust met een heel eenvoudig transformatorloos voedingscircuit en kan zonder meer op het 220 Volts lichtnet worden aangesloten, terwijl de andere typen een afzonderlijke anode- en gloeidraadvoeding behoeven. Deze versterker wordt dan ook speciaal gebruikt als lijnversterker voor de zogenaamde districtsuitlopers*) van het draadomroepnet en voorziet derhalve niet in de voeding van abonnees, doch dient uitsluitend voor het opheffen van de lijndemping.

3. Verschillende muzieknetten.

Met de verschillende muziekleidingen, die hierboven worden beschreven, kunnen verschillende netten worden gevormd.

In Nederland ligt een uitgebreid muzieklijnennet, dat de meeste grote plaatsen onderling met één of meer muzieklijnen verbindt en dat door zijn constante eigenschappen alzijdig kan worden doorverbonden, zodat het voorziet in de mogelijkheid om buitenreportages met muziekkwaliteit van uit zeer vele plaatsen in Nederland naar de studio's te kunnen brengen, alwaar dan zo'n programma als onderdeel in het normale lopende programma kan worden opgenomen of wel kan worden vastgelegd op band of plaat. Het muzieklijnennet staat geheel los van de draadomroep, omdat het een net is, dat in hoofdzaak gericht is naar Hilversum toe, teneinde via een aantal schakels, het programma

*) Dat zijn de uitlopers van de verschillende districtscentra naar de eindcentrales.

van een buitenreportage naar Hilversum te kunnen brengen.

Speciale melding moet nog worden gemaakt van het feit dat Nederland door zijn ligging in Westeuropa een belangrijke schakel is in het internationale transitnet voor muziek.

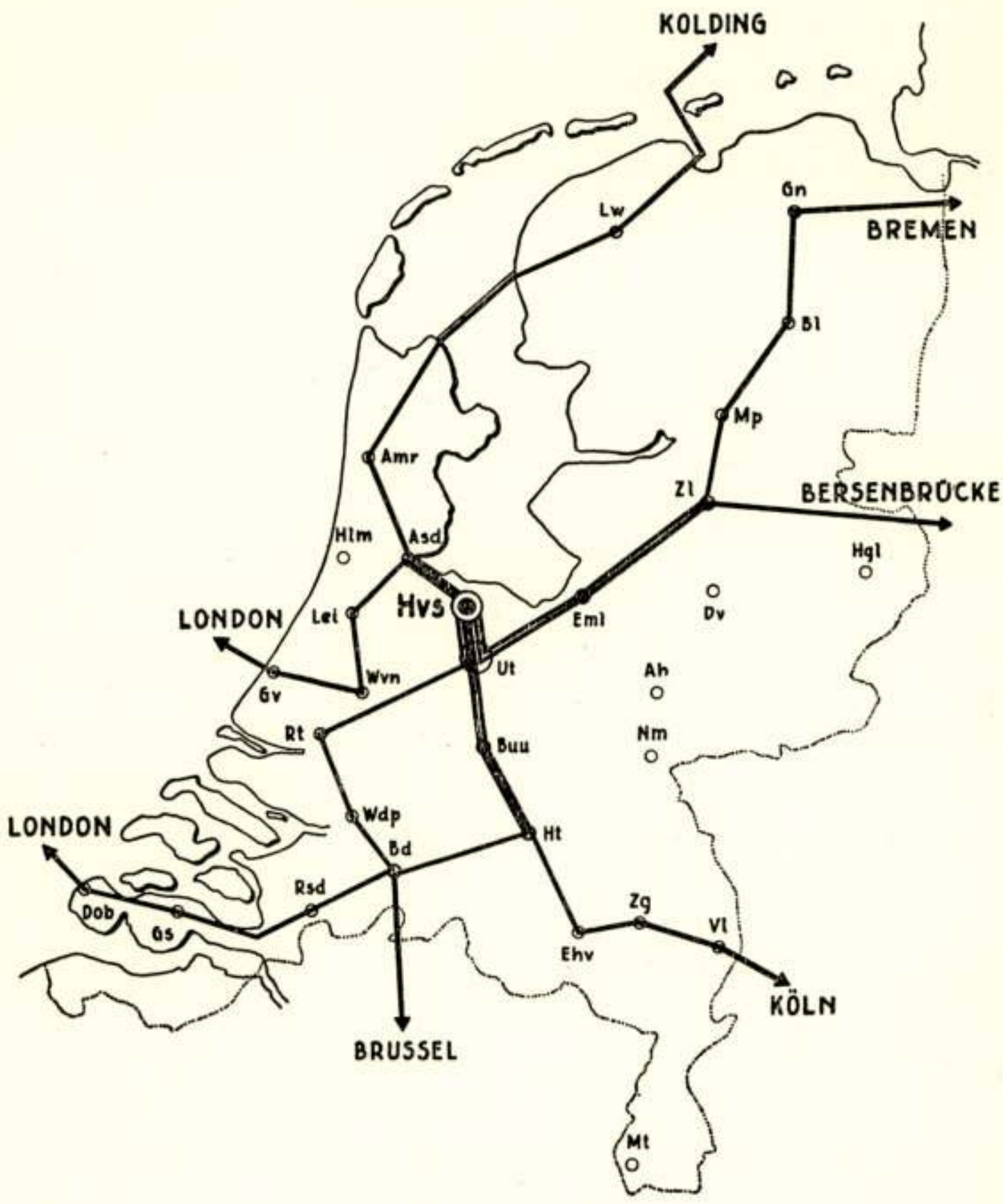


Fig. 6.
Internationale muziekverbindingen.

In figuur 6 is aangegeven, over welke internationale muziekroutes*) de Nederlandse PTT daartoe beschikt. Ze eindigen alle in Hilversum, omdat zich daar het schakelcentrum van de muzieklijnen in Nederland bevindt. Hoewel de naam enigszins misleidend is heet dit schakelcentrum in de wandeling de „Radiokamer" van PTT.

---

*) Een dergelijke route bestaat veelal uit meer dan één muziekleiding

Aangezien de omroepstudio's zich al sinds lange tijd in Hilversum bevinden, terwijl nu in de nabijheid ervan de televisie zich heeft gevestigd, is de plaats van dit schakelcentrum uitermate gunstig.

Met pijlen zijn in de figuren de bestemmingen in de verschillende landen aangegeven.

Dit houdt niet in, dat alleen maar muziektransmissie zou kunnen worden bedreven met bijv. Keulen, of een andere aangegeven plaats. In het buitenland kan worden doorverbonden met het aldaar aanwezige nationale muzieknet.

De transmissiezin van de circuits is in de figuur niet aangegeven en evenmin is er in verwerkt, hoeveel circuits er in een bepaalde bundel aanwezig zijn.

Aan de hand van deze figuur kunnen ook nog even de verschillende typen van muziekcircuits worden genoemd.

De verbindingen van Hilversum via Amsterdam over de afsluitdijk naar Kolding in Denemarken en via Breda, Roosendaal en Domburg naar Londen zijn gevormd als een draaggolf-muziekkanaal, opgebouwd uit 3 draaggolf-kanalen, zoals reeds eerder werd uiteengezet onder punt 1.2. De verbindingen naar Keulen, Brussel en Bremen zijn gevormd op de fantoomcircuits van draaggolfkabels, terwijl de verbinding naar Bersenbrücke in Duitsland van Zwolle af een muziekaderpaar in een laagfrequent kabel is.

3.1. Hoofdnet van de draadomroep.

Figuur 7 stelt het hoofdnet van de draadomroep in Nederland voor. Dit net loopt van Hilversum uit naar alle districtshoofdplaatsen. Uit de opbouw van dit net is goed te zien waarom de lijnversterker van het type 51 op bescheiden wijze ook als splitsversterker moet kunnen dienen, omdat er verschillende vertakkingen in dit net kunnen worden aangewezen.

In ieder district zijn er districtskabels om het districtscentrum gegroepeerd, die de plaatsen, gelegen in zo'n districtsgebied, bedienen. In het hoofdnet bevinden zich uitsluitend de beide versterkertypen in chassisvorm (typen 51 en 54) en de toepassing van het kleine type 53-versterkertje blijft beperkt tot de genoemde districtsuitlopers, die niet in de figuur voorkomen. Over het hoofdnet worden de 4 programma's van de draadomroep naar de verschillende districten getransporteerd, zodat het net eigenlijk een viervoudig net is.

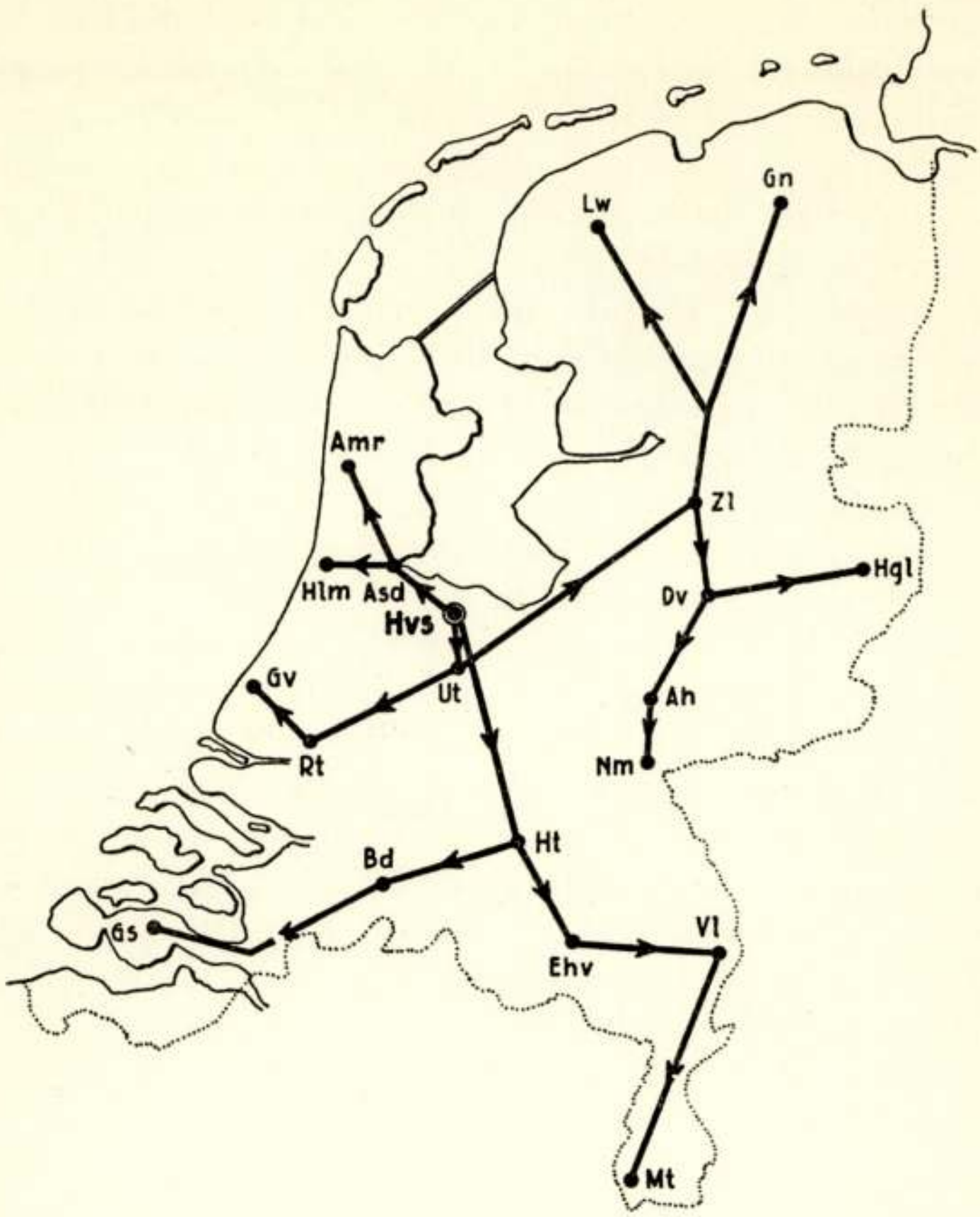


Fig. 7.
Loop der vier dro-netten.

3.2. **Ontvanglijnennet.**

In figuur 8 is aangegeven hoe de draadomroep aan de buitenlandse programma's komt.

In Domburg, Denekamp en Vaals zijn min of meer symbolisch ontvangposten getekend en voorts is er een lijnverbinding met het N.I.R. in Brussel. Deze circuits zijn alle weer opgebouwd uit fantoomcircuits op draaggolfkabels en zij brengen de programmastof naar het regiecentrum van de Draadomroep in Rotterdam en verbinden anderzijds het regiecentrum in Rotterdam met de Radio-afdeling van PTT in Hilversum, waar de programmastof (symbolisch aangegeven door de naar alle kanten uitstralende pijltjes) over de draadomroepnetten wordt doorgegeven.

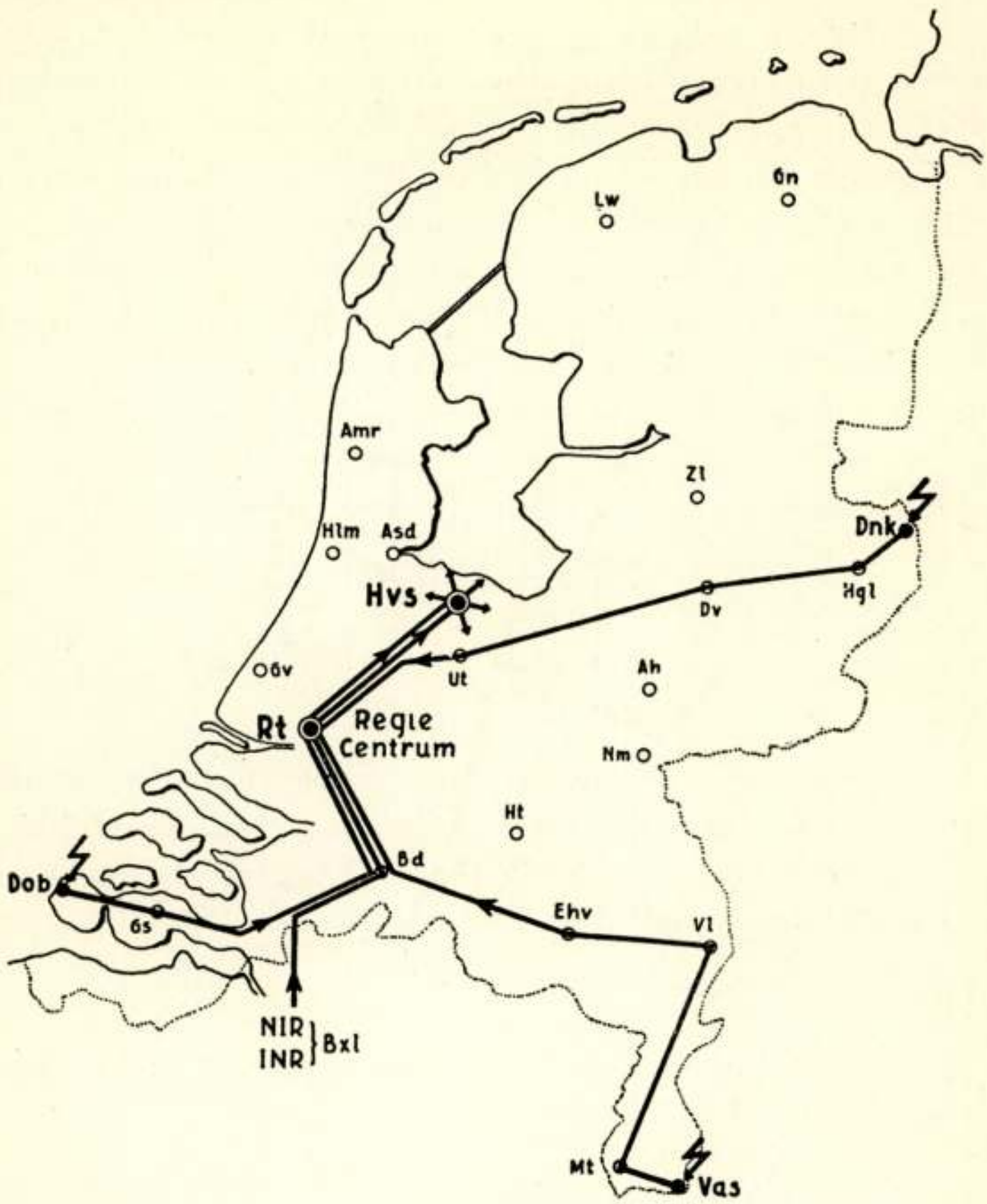


Fig. 8.
Ontvanglijnen voor regie-centrum
en doorgiftelijnen naar Hilversum

Dit geldt uiteraard alleen voor de programmavoorziening van de netten 3 en 4, de programma's 1 en 2 zijn de beide Nederlandse programma's Hvs I en Hvs II.

3.3. **Zendlijnennet.**

In het totale net van muzieklijnen zijn ook de zendlijnen naar de verschillende zendstations opgenomen.

Zo is Hilversum met het middengolfzender-centrum te Lopik en met de zenders van de wereldomroep verbonden.

De FM-zendstations worden gevoed uit het hoofdtransportnet van de draadomroep, zodat duplicering vam muziekleidingen voor dit doel kan worden vermeden.

Aan de ingang van de draadomroepnetten te Hilversum bevindt zich een corrector, die de lage tonen wat ophaalt, teneinde tegemoet te komen aan de onvoldoende weergave der lage tonen door de kleine dro-luidspreker. Deze laag-op-correctie, zoals hij wordt genoemd, wordt uiteraard bij de zendstations weer tenietgedaan, teneinde ervan verzekerd te zijn, dat de „overall" frequentieband van Hilversum tot aan de zendstations vlak is. Deze laag-op-correctie bestaat hieruit, dat van enkele honderden Hz af naar beneden een „voorafbenadrukking" aanwezig is, waardoor de lage frequenties iets worden opgehaald.

De accentuering der lage tonen bedraagt voor

50 Hz	9 dB
100 Hz	7 dB
200 Hz	3 dB
500 Hz	0.5 dB.

Het verrassende was, dat in een geprek tussen toestelfabrikanten en PTT bleek, dat men in sommige radiotoestellen een vrijwel gelijke correctie toepast, teneinde tegemoet te komen aan de frequentiekarakteristieken der luidsprekers.

4. Onderhoud.

Vervolgens wilde ik u nog even meenemen in de problemen van het onderhoud van de genoemde netten.

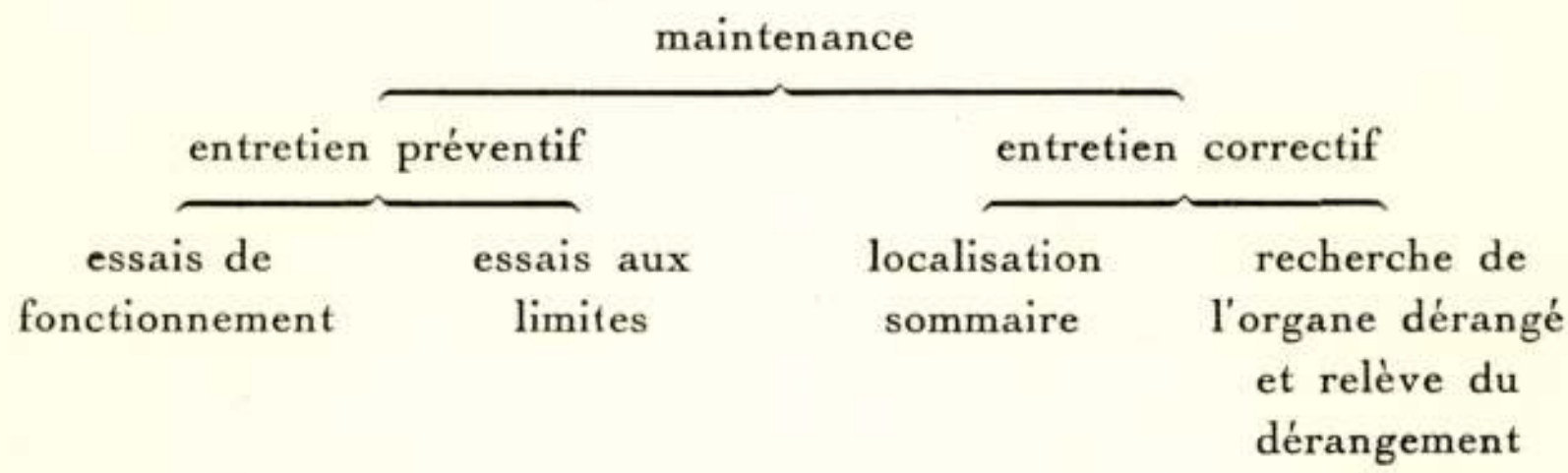


Fig. 9.
Verdeling van het onderhoud volgens Tome III du Livre Vert.

Fig. 9 is overgenomen uit hetzelfde boek, waaruit in de aanhef de Franse volzin geciteerd werd*).

Het begrip „onderhoud" is gesplitst in 2 hoofdgroepen: het entretien-préventif en het entretien-correctif.

Het zal duidelijk zijn, dat wij ons graag richten op de eerste rubriek, het entretien-préventif, omdat er blijkbaar iets te cor-

*) Tome III du Livre vert CCIF.

rigeren valt wanneer men correctief gaat ingrijpen en men dus heeft gewacht, tot er iets moest worden bijgeregeld. PTT stelt zich steeds meer op het standpunt dat men door een regelmatig en verantwoord onderhoud vele storingen kan vermijden, die juist aan die tweede rubriek kleven, omdat men dan pas iets gaat verbeteren, wanneer de storing er al is.

Dit preventieve onderhoud bestaat dan hieruit, dat de draadomroepnetten iedere dinsdagmorgen vóór de aanvang van de uitzendingen worden gemeten. Aangezien er meestal 4 dinsdagen in de maand zijn, past dit schema zeer goed; immers men meet op de 1e dinsdag van de maand net 1, op de 2e dinsdag van de maand net 2, enz. Is er een keer een vijfde dinsdag in de maand, dan wordt deze voor allerlei andere onderhoudswerkzaamheden in de netten gebruikt.

Het onderhoud vindt als volgt plaats. In de Radio-afdeling van PTT in Hilversum wordt op het desbetreffende draadomroepnet een reeks van tonen gezonden met een bepaald niveau en in het gehele draadomroepnet wordt door ter plaatse aanwezige technici gemeten, hoeveel het niveau aldaar bedraagt. Het zal u duidelijk zijn, dat dit een enorme organisatie is, want als we denken aan het hoofdnet (zie figuur 7) dan is niet alleen in alle districtscentra een meetambtenaar aanwezig, maar ook in de verdere „haarvaten" van de netten is in de prille dinsdagochtend een man gewapend met een dB-meter naar soms zeer afgelegen oorden gefietst, teneinde daar een reeks tonen uit Hilversum te kunnen meemeten. De meetresultaten van al deze metingen worden centraal verwerkt.

Uit de meetresultaten van dit wekelijks onderzoek, waarbij elk net dus eenmaal per maand wordt gemeten, worden de correcties afgeleid, die nodig zijn om het net binnen de toegestane toleranties te houden.

Figuur 10 toont een meting van 26 maart 1957, waarbij van enkele plaatsen in dit net is aangegeven, hoe de metingen zijn uitgevallen.

In een der netten te Hilversum wordt in de frequentieband van 40 tot 10 000 Hz met bepaalde intervallen een toon gezonden, die in de verschillende plaatsen wordt gemeten. Als eerste meetpunt ziet u Utrecht.

In dit nog niet zover van Hilversum verwijderde meetpunt treedt een kleine slingering op. Iets verder weg, in Zwolle, ziet u, dat men er daar weliswaar een slinger bij heeft, doch dat de egalisatie zo effectief is, dat het toch nog ver binnen de

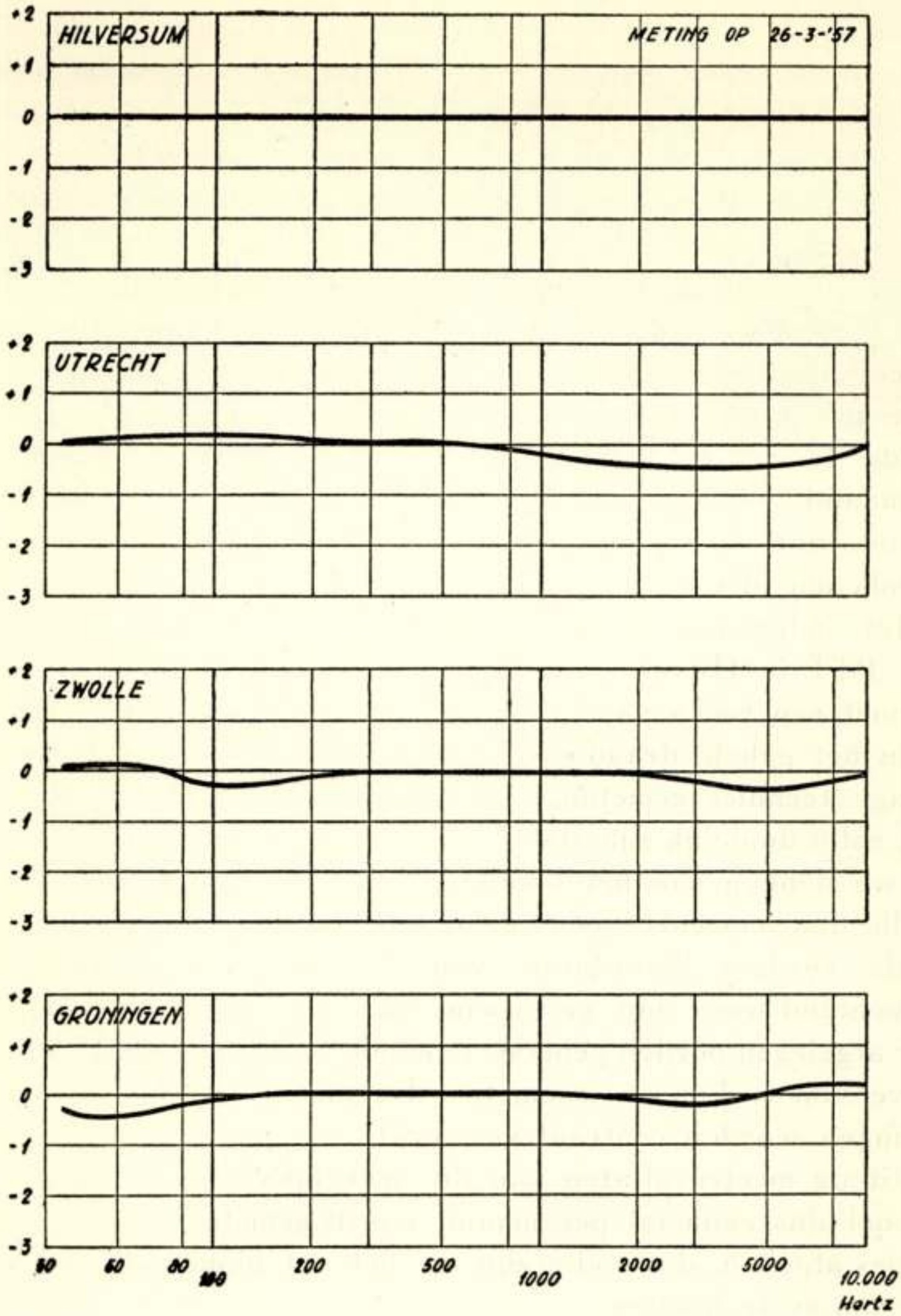


Fig. 10.
Resultaten van periodieke onderhoudsmetingen aan draadomroepnetten (26-3-'57).

proporties blijft, want de afwijkingen zijn in de orde van 0.5 dB, terwijl uiteindelijk 1,75 dB is toegestaan. In één van de verst verwijderde punten is de kromme ook nog vrij vlak. Hij is daar wat „bibberiger" geworden, doordat er nu meer correctiemiddelen nodig zijn geweest, maar desondanks is het een resultaat, dat nog ver binnen de toegestane toleranties valt.

Het is duidelijk, dat ons doel blijft dit zo strak mogelijk te

houden daar wij de beschikbare toleranties graag overhouden voor de kleinere uitlopers in het net, waar vaak met eenvoudige egalisatiemiddelen moet worden gewerkt.

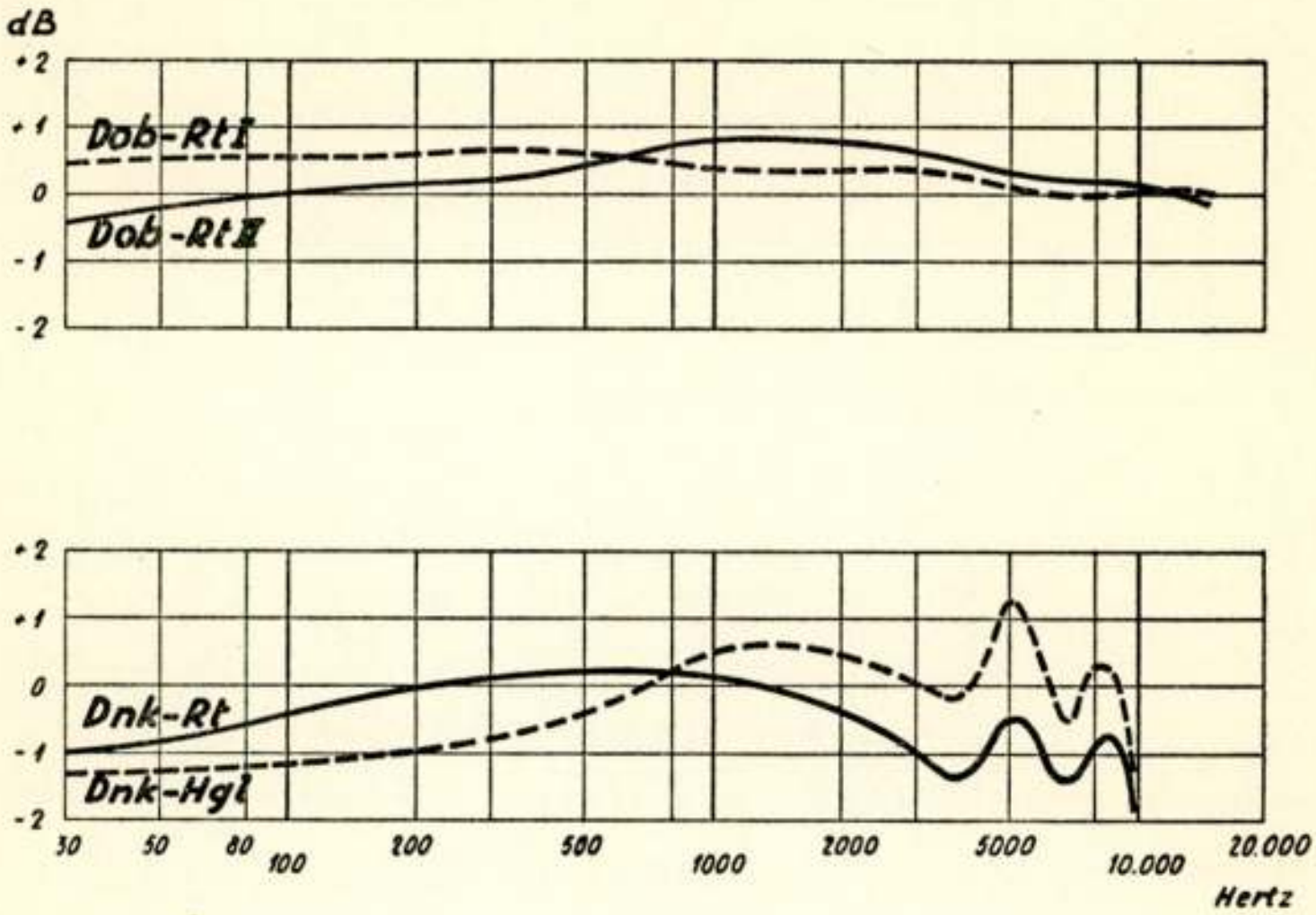


Fig. 11.
Resultaten van de periodieke onderhoudsmetingen aan enkele ontvanglijnen.

Fig. 11 toont dan nog overeenkomstige onderhoudsmetingen aan enige ontvanglijnen. Het bovenste plaatje geeft het meetresultaat weer van de ontvanglijnen Domburg-Rotterdam 1 en 2. Deze lijnen transporteren de „Home Service" en het „Light Programme" van de BBC.

Daaronder staat de meting afgebeeld van de ontvanglijn Denekamp-Rotterdam. Deze lijn is niet zo fraai zult u zeggen, want ze bevat nogal wat golvingen. Maar als u de daar doorheen getekende gestreepte kromme beschouwt, dan ziet u, dat deze golvingen afkomstig zijn van de luttele kilometers tussen Denekamp en Hengelo. Dat is achteraf ook wel begrijpelijk, want dit kleine stukje is een pupinkabelader die is gevormd op een speciaal muziekpaar, waarbij men noodgedwongen een aldaar bij Denekamp passerende kabel heeft moeten gebruiken, zodat men niet in de gelegenheid was de pupinisatie zodanig aan te passen, dat dit beter met de eindpunten Denekamp en Hengelo overeenstemde. Enige slingeringen aan de bovenzijde van het frequentiegebied zijn hiervan het gevolg.

De conclusie van dit alles is dat het transport van muziek

met hoge kwaliteit heel goed mogelijk is met de huidige middelen en zelfs zo, dat men wel zou kunnen zeggen, dat het invariant is voor de lengte.

5. Slot.

Ik heb u gesproken van de amplitude-karakteristieken van de verschillende elementen, maar ik had daarbij nog kunnen noemen de niet-lineaire vervorming van de versterkers, de fase-karakteristieken en de looptijd-verschillen, welke natuurlijk eveneens bijdragen tot de kwaliteit van het transport. Ik heb dat echter om des tijdswille achterwege gelaten.

Ik mag in dit verband misschien volstaan met een enkel getal te noemen. Bij maximale uitsturing van de toegestane spanning, dit komt dus overeen met 100% modulatie voor de zender, produceren deze versterkers vervormingen in de orde van enkele tienden promilles en bij het kleinste type (het type 53) in de orde van 1 promille. Zelfs vele van deze versterkers in cascade, zullen de kwaliteit niet noemenswaard afbreuk doen. De aan het slot van de vorige paragraaf genoemde conclusie is dus wel gerechtvaardigd en ik zou dan ook graag nogmaals beklemtonen, dat muziektransport over het interlokale telefoonnet zeer goed mogelijk is en dat de kwaliteit voor de Nederlandse afstanden wel als onafhankelijk van de lengte kan worden beschouwd.

Manuscript ontvangen op 24 december 1957

Theoretische beschouwingen omtrent de merites van de normale binaire telegraafcode, de zgn. Gaussische code en speciale detectiemethoden voor deze beide codes

door K. Posthumus

Summary

An analysis is made of the merits of the so-called „integration" method, that is the evaluation of a received telegraph-signal on the basis of a number of linear integrals over the components of the signal. It is found that in case the number of integrals is less than the number of components, a significant loss in equivalent signal-noise ratio results.

The Gaussian code, together with its detection by evaluation of a number of integrals equal to the number of components, are equivalent to an orthogonal coordinate-transformation of the normal binary code without integration, and so show neither advantages nor drawbacks in comparison to this normal binary code.

1. Inleiding.

Een normaal telegrafiesignaal bestaat uit n afzonderlijke elementen, aan ieder waarvan wij een bepaald getal kunnen toekennen. Om de gedachten te bepalen, kiezen we voor dit getal de numerieke waarde van de amplitude, die in het betreffende frequentiekanaal op de betreffende tijd heerst. Aangezien we in dit frequentiekanaal twee 90° verschoven fasen onderscheiden, levert elk frequentiekanaal twee numerieke gegevens, welke b.v. kunnen worden uitgedrukt in de gebruikelijke complexe notatie. Ieder frequentiekanaal levert dus op een bepaalde tijd twee elementen. Het is echter niet nodig, dat deze twee elementen tot hetzelfde telegrafiesignaal behoren, en daarom behoeven wij onze beschouwingen niet te beperken tot even waarden van n.

In het algemeen is de tijdsduur van het telegrafiesignaal onderverdeeld in een aantal gelijke „digits" a, terwijl er b fasekanalen in gebruik zijn. Onder fasekanaal verstaan we dus één van de twee fasecomponenten van een frequentiekanaal. Het aantal elementen is dan $n = ab$. Hetzij door de bandbreedte

van de kanaalfilters juist te kiezen, hetzij door na elke digit een voorbijgaande kortsluiting aan te brengen, wordt gezorgd dat elke digit volkomen onafhankelijk is van de voorafgaande digit.

De n getallen van elk signaal kunnen wij beschouwen als de n coördinaten van een punt in een n-dimensionaal rechthoekig coördinatensysteem. De voordelen van deze geometrische beschouwing, die in de informatietheorie gebruikelijk is, liggen in het volgende.

1e. De totale energie welke het kost om een signaal x, y, z, u uit te sturen, is evenredig met $x^2 + y^2 + z^2 + u^2$, dus met R^2, waarbij R de afstand is van het signaalpunt tot de oorsprong van het assenstelsel.

2e. Wanneer een bepaald signaal $x_1 y_1 z_1 u_1$ wordt uitgezonden, wordt tengevolge van ruis en andere effecten een hiervan afwijkend signaal $x_1 + \triangle x$, $y_1 + \triangle y$, $z_1 + \triangle z$, $u_1 + \triangle u$ aan de ontvanger gemeten. De kans dat een afwijking $\triangle x$ optreedt, is evenredig met $e^{-a^2(\triangle x)^2}$; de kans dus dat de afwijking $\triangle x$, $\triangle y$ $\triangle z$, $\triangle u$ optreedt is evenredig met $exp - a^2 \{(\triangle x)^2 + (\triangle y)^2 + + (\triangle z)^2 + (\triangle u)^2\}$ of $exp - a^2 R^2$, waarbij R de afstand is tussen het juiste signaal $x_1 y_1 z_1 u_1$ en het gemeten signaal. In het geometrische diagram zijn dus alle punten welke liggen op een bol met straal R rondom het gezonden signaal, even waarschijnlijk. Omgekeerd, wanneer wij een signaal $x\,y\,z\,u$ waarnemen, dan is de kans dat dit van een bedoeld signaal $x_1 y_1 z_1 u_1$ afkomstig is, evenredig met $exp - a^2 \{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 + (u - u_1)^2\}$, en de juiste detectiemethode moet dus, als een signaal $x\,y\,z\,u$ wordt ontvangen, hieruit besluiten, dat dàt signaal $x_1 y_1 z_1 u_1$ is bedoeld waarvan de afstand tot $x\,y\,z\,u$ het kleinst is. Uitdrukkelijk is bij al deze beschouwingen verondersteld dat het signaal zelf op de weg van zender naar ontvanger geen veranderingen ondergaat, behalve een verzwakking welke exact gecorrigeerd kan worden. In geval van wisselende verzwakking en (of) distorsie, dus zgn. fadingverschijnselen gelden geheel andere gezichtspunten. Wanneer we dus over een signaal $x_1 y_1 z_1 u_1$ spreken dan is het onverschillig of we het afgezonden dan wel het inkomende signaal bedoelen, deze twee zijn identiek, op een constante factor na. Er worden echter aan het signaal bepaalde ongewenste componenten toegevoegd, en het zijn deze waaraan wij de waarschijnlijkheid $e^{-a^2(\triangle x)^2}$ enz. in ieder fasekanaal hebben toegekend. In een appendix wordt de keus van deze formule nader toegelicht.

2. Het binaire signaal. Rendement van de code.

Onder de binaire code verstaan we een groep telegrafiesignalen $x_1 y_1 z_1 u_1$ waarvan de coördinaten alle de waarde ± 1 hebben. Zijn er n elementen of coördinaten, dan zijn er dus maximaal 2^n verschillende signalen. In de geometrische voorstelling liggen deze signaalpunten alle even ver van de oorsprong, en dus op een bol met straal $R^2 = n$. De energie van ieder signaal heeft dus dezelfde waarde. Wanneer we slechts drie dimensies hebben, liggen de 8 signalen op de hoekpunten van een kubus of regelmatig 6-vlak. De onderlinge afstanden van de verschillende signalen zijn niet gelijk, de signalen welke slechts in één coördinaat verschillen, liggen het dichtst bij elkaar. Bij een bepaald gegeven ruisvermogen is dus de kans dat een verwisseling van twee signalen ontstaat welke alleen in één coördinaat verschillen, het grootst. Het aantal fouten wordt in eerste instantie bepaald door de kleinste afstand welke twee signalen van de code hebben, en de beste code is dus die waarbij voor een gegeven signaalenergie de kleinste afstand tussen twee signalen van de code zo groot mogelijk is. Vooral bij grote signaal-ruisverhoudingen, waar $e^{-(aR)^2}$ zeer snel verandert, geldt dit.

Laat de x coördinaat van de signalen van een code zijn x_1, x_2, x_3 enz. De som van alle onderlinge afstanden in deze coordinaat

$$(x_1 - x_2)^2 + (x_1 - x_3)^2 + \ldots + (x_2 - x_3)^2 + (x_2 - x_4)^2 + \ldots =$$
$$= (p - 1) \Sigma x^2 - 2 \Sigma x_i x_j ,$$

als p het totaal aantal signalen is.

Dit is verder gelijk aan $p \Sigma x^2 - \{\Sigma x^2 + 2 \Sigma x_i x_j\} = p \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2$. Over alle coördinaten genomen wordt de som van alle onderlinge afstanden

$$p\{\Sigma x^2 + \Sigma y^2 + \Sigma z^2 + \Sigma u^2\} - \{(\Sigma x)^2 + (\Sigma y)^2 + (\Sigma z)^2 + (\Sigma u)^2\}.$$

In de eerste plaats moet de som van alle afstanden zo groot mogelijk zijn, en dus $\Sigma x = \Sigma y = \Sigma z = \Sigma u = 0$.

De som van alle onderlinge afstanden wordt nu $p\{\Sigma x^2 + \Sigma y^2 + \Sigma z^2 + \Sigma u^2\}$ of de energie van alle signalen tezamen, vermenigvuldigd met het aantal p. De grootste waarde welke de kleinste onderlinge afstand bereiken kan, treedt op als alle

onderlinge afstanden gelijk zijn. Er zijn $\frac{1}{2}p(p-1)$ onderlinge afstanden, en de grootte van deze afstand is dan dus

$$\frac{p\left\{\Sigma x^2 + \Sigma y^2 + \Sigma z^2 + \Sigma u^2\right\}}{\frac{1}{2}p(p-1)} = \frac{2E}{p-1}, \text{ dus}$$

de totaalenergie van alle signalen, vermenigvuldigd met $\frac{2}{p-1}$.

Het is echter niet mogelijk de signaalpunten zo te kiezen, dat alle onderlinge afstanden gelijk zijn. Bij n dimensies kunnen we slechts $n+1$ punten zó kiezen dat de onderlinge afstanden alle gelijk zijn. Hiertoe gaan we uit van de n punten

$$\begin{matrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{matrix} \quad \text{enz.}$$

Deze hebben onderling de afstand $R^2 = 2$. We voegen hier aan toe een $(n+1)$ste punt, $a\ a\ a\ a$, dat van alle n andere punten eveneens de afstand 2 heeft. De voorwaarde hiervoor is

$$(n-1)a^2 + (a-1)^2 = 2$$

$$a = \frac{1}{n} \pm \sqrt{\frac{1}{n^2} + \frac{1}{n}} = \frac{1}{n}\left(1 \pm \sqrt{n+1}\right).$$

Nadat dan door verschuiving $\Sigma x = \Sigma y = \Sigma z = \Sigma u = 0$ gemaakt is, ontstaat de code:

$$\begin{matrix} n^2 - 1 \mp \sqrt{n+1} & -(n+1) \mp \sqrt{n+1} & -(n+1) \mp \sqrt{n+1} & -(n+1) \mp \sqrt{n+1} \\ -(n+1) \mp \sqrt{n+1} & n^2 - 1 \mp \sqrt{n+1} & -(n+1) \mp \sqrt{n+1} & -(n+1) \mp \sqrt{n+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \pm n\sqrt{n+1} & \pm n\sqrt{n+1} & \pm n\sqrt{n+1} & \pm n\sqrt{n+1} \end{matrix}$$

Voor $n = 3$ dus:

$$\begin{matrix} 6 & -6 & -6 \\ -6 & 6 & -6 \\ -6 & -6 & 6 \\ 6 & 6 & 6 \end{matrix} \quad \text{of} \quad \begin{matrix} 10 & -2 & -2 \\ -2 & 10 & -2 \\ -2 & -2 & 10 \\ -6 & -6 & -6 \end{matrix}$$

Beide codes geven natuurlijk de hoekpunten van een regelmatig viervlak met middelpunt in de oorsprong. De energie evenals de onderlinge afstand is gelijk, wanneer het totaal wordt gemeten over alle coördinaten. Toch is deze orthogonale assen-

transformatie niet geheel zonder betekenis, daar bij de eerste code alle signalen in elk kanaal dezelfde energie hebben en bij de tweede niet.

Bij de eerste code, die we ook kunnen voorstellen door

$$\begin{matrix} 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

vinden we de helft van de 8 binaire signalen terug. De onderlinge afstand is 8, evenveel voor elke twee signalen. Totaalenergie $4 \times 3 = 12$. Inderdaad is de verhouding tussen deze beide grootheden $1\frac{1}{2}$ of $\frac{p-1}{2}$. Wanneer nu de code niet alleen signalen bevat met gelijke afstand, en voor $p > n + 1$ moet dat het geval zijn, dan is dus de kleinste afstand welke voorkomt altijd kleiner dan $\frac{2}{p-1} E$, als E de totale energie is. Noemen we deze kleinste afstand $E_{min.}$, en is $E_{min} = \eta \frac{2}{p-1} E$, dan kunnen we η het rendement van de code noemen.

Keren we nu terug tot onze binaire code. Er zijn 2^n signalen, dus $p = 2^n$. Totaalenergie is $p \,.\, n$.

Kleinste afstand is 4

$$\eta = 4 \frac{p-1}{2np} = \frac{2}{n} (1 - 2^{-n})$$

Het rendement bedraagt dus 1 voor $n = 1$

$\frac{3}{4}$ voor $n = 2$

$\frac{7}{12}$ voor $n = 3$

Practisch $\frac{2}{n}$ voor $n > 3$.

Drukken we het rendement in plaats van in n, in p uit, dan wordt dit

$$\eta \approx \frac{2 \lg 2}{\lg p} = \frac{\lg 4}{\lg p} \text{ voor } n > 3.$$

3. Rendementen bij andere codes.

Bij een ééndimensionale code is het optimale rendement $\frac{6}{p(p+1)}$. Men moet de p signaalpunten dan zó kiezen, dat de af-

stand tussen het meest positieve signaal $+a$ en het meest negatieve signaal $-a$ door de overige $p-2$ signaalpuntsn in $p-1$ gelijke delen wordt verdeeld.

Bij een twee-dimensionale code kunnen we het vlak zo regelmatig mogelijk bedekken met punten op gelijke afstand.

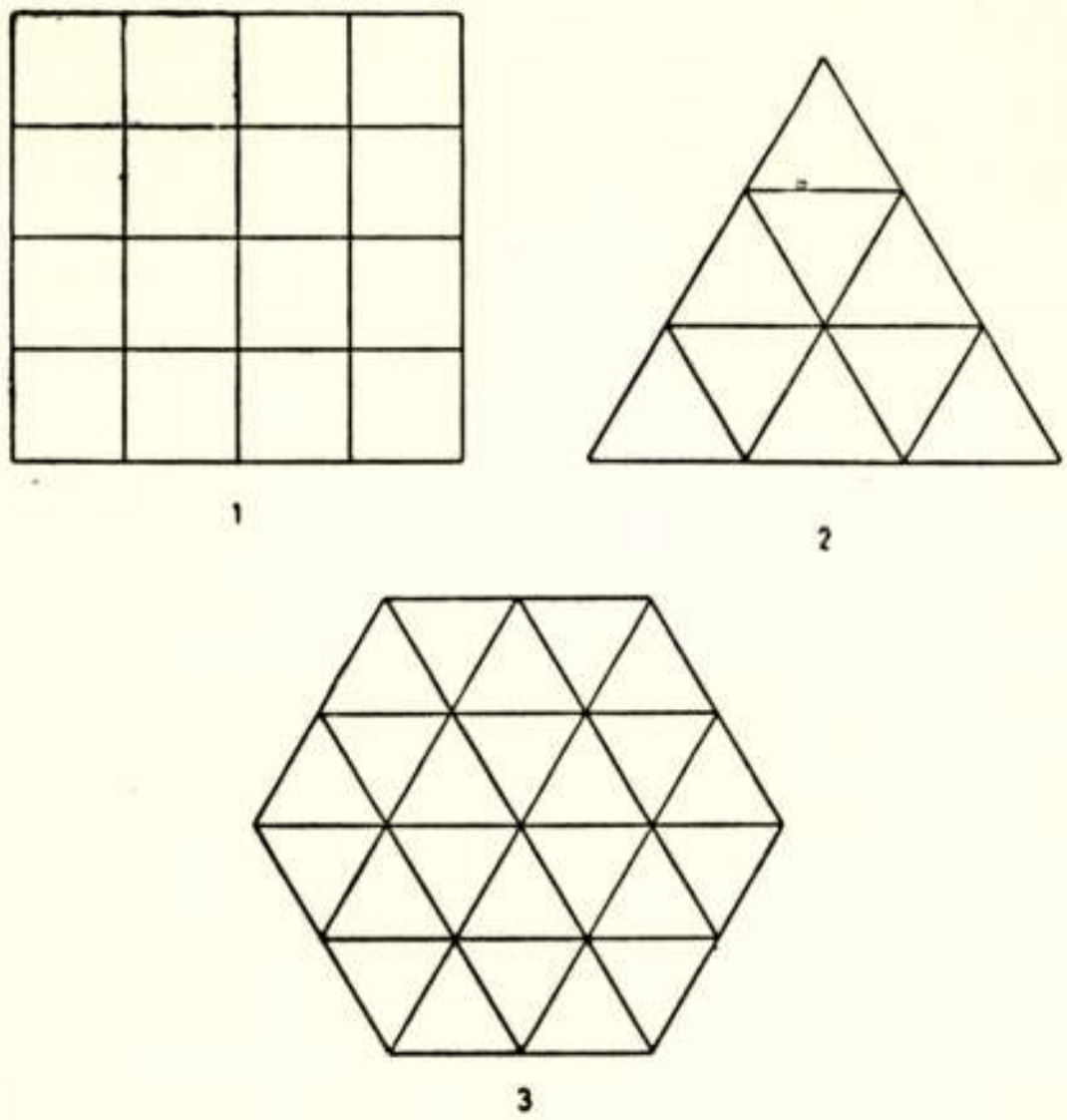


Fig. 1.
Voorbeelden van een twee-dimensionale code met regelmatige bedekking.

1.	25 signalen	$p = 25$	$k = 5$
2.	10 signalen	$p = 10$	$q = 3$
3.	19 signalen	$p = 19$	$q = 2$

Patroon 1. Vierkanten met zijde a. Aantal signalen $k^2 = p$.

Totaal energie $a^2 . \frac{p(p-1)}{6}$, $\eta = \frac{3}{p}$.

Patroon 2. Gelijkzijdige driehoek met zijde qa verdeeld in gelijkzijdige driehoeken met zijde a. Aantal signalen $p = \frac{1}{2}(q+1)(q+2)$.

Totaal energie eveneens $a^2 . \frac{p(p-1)}{6}$ en $\eta = \frac{3}{p}$.

Patroon 3. Zeshoek met zijde qa, verdeeld in gelijkzijdige driehoeken met zijde a. Aantal signalen $p = 3q(q+1)+1$.

Totaal energie $\frac{5}{4} a^2 q(q+1) \left\{ q(q+1) + \frac{2}{5} \right\} =$

$$= \frac{5}{4} a^2 \frac{p-1}{3} \left(\frac{p-1}{3} + \frac{2}{5} \right), \quad \eta = \frac{18}{5p+1} .$$

Dit rendement is dus altijd groter dan $\frac{3}{p}$, wat samenhangt met de betere „vulling" van het oppervlak dan met een vierkant of een gelijkzijdige driehoek als grenslijn is te bereiken.

Bij een willekeurige vlakke figuur met oorsprong in het zwaartepunt en $r^2 = C\,O$ als r de traagheidsstraal en O het oppervlak is, wordt voor grote p en belegging met vierkanten $\eta = \frac{1}{2\,p\,C}$. Wanneer de figuur eveneens een vierkant is wordt dit $\frac{3}{p}$.

Bij belegging met gelijkzijdige driehoeken wordt $\eta = \frac{1}{pC\sqrt{3}}$.

Voor meerdimensionale configuraties zijn soortgelijke formules af te leiden, we zullen dit echter hier niet doen. Het is voldoende op te merken dat het rendement bij gelijkvormige configuraties, in een n-dimensionale ruimte verloopt als $p^{-\frac{2}{n}}$,

4. De standaard-detectiemethode voor de binaire code.

Wanneer een signaal $x\ y\ z\ u$ wordt gemeten, moet dus worden bepaald tot welk signaal van de binaire code de afstand het kleinst is. De afstand tot het signaal $(xyzu)_1$ is

$$R_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 + (u - u_1)^2$$

$$= x^2 + y^2 + z^2 + u^2 + (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 + u_1^2) -$$
$$- 2\,(xx_1 + yy_1 + zz_1 + uu_1)$$

Wanneer we alle afstanden onderling vergelijken, valt uit de vergelijking weg $x^2 + y^2 + z^2 + u^2 = R^2$ en verder ook $x^2_i + y^2_i + z^2_i + u^2_i = n$. We behoeven dus slechts te bepalen voor welk signaal $(xyzu)_i$ de grootheid $xx_i + yy_i + zz_i + uu_i$ de grootste waarde aanneemt. Er is slechts één signaal van de binaire code, waarvoor alle termen xx_i enz. positief zijn, dat is het gezochte signaal. Tenslotte komt het er dus slechts op aan, het teken vast te stellen van de verschillende amplitudo's $xyzu$. Het waarschijnlijk juiste signaal is dan dat signaal van de binaire code, hetwelk deze zelfde tekens heeft.

Een fout signaal wordt gevonden, als de bijgemengde ruis zo groot is, dat één van de grensvlakken $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$ of $u = 0$ overschreden wordt. De kleinste ruiswaarde waarbij dit kan optreden, is een ruiscomponent 1 in de richting van één der coördinaten en tegengesteld aan de signaalcomponent. De kleinste ruiswaarde waarbij twee grensvlakken worden overschreden, is 2. In dat geval verschilt het gevonden onjuiste signaal in twee coördinaten van het goede.

Hoewel bij de gewone binaire code de configuratie zo eenvoudig is dat het bijna een triviaal geval betreft is het voor het vervolg toch goed door een eenvoudige figuur de situatie te verduidelijken. We maken het ons zo eenvoudig mogelijk en schetsen het vlakke geval.

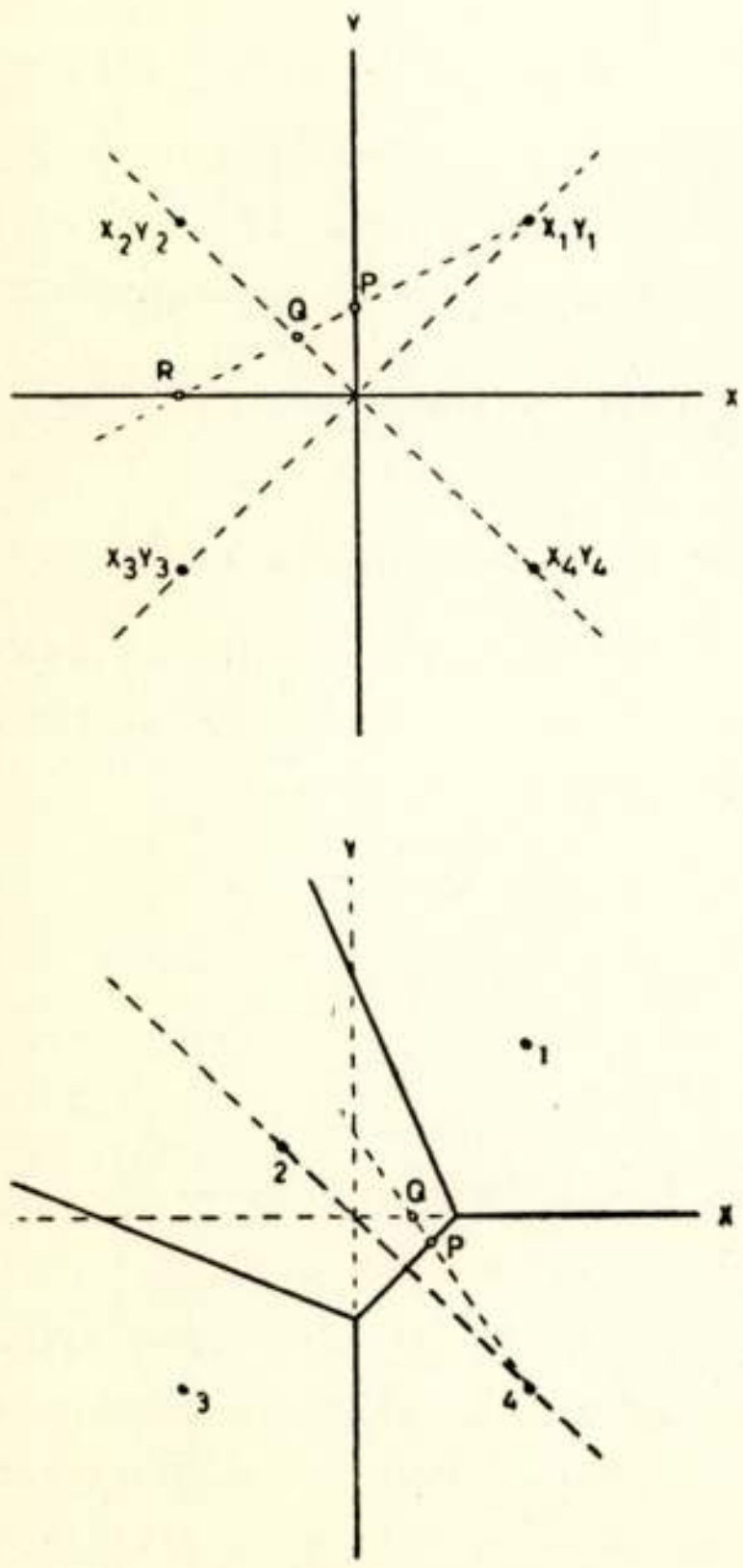


Fig. 2.
Twee 2-dimensionale codes van 4 signalen met de grenslijnen tussen de signalen.

Wanneer we uitgaan van het signaal x_1y_1 en ruis bijmengen volgens de lijn PQR dan overschrijden we eerst de grenslijn $x = 0$, waarbij we dus in het gebied van het signaal x_2y_2 komen. Vervolgens overschrijden we de grenslijn $x + y = 0$ die even ver ligt van x_1y_1 als x_3y_3 in het punt Q. Hierbij gebeurt niets, we blijven in het gebied van x_2y_2. Gaan we verder, dan overschrijden we in R de grenslijn $y = 0$ en komen nu in het gebied van x_3y_3. Alleen de getrokken grenslijnen hebben dus betekenis, de gestippelde grenslijnen mogen rustig worden overschreden zonder consequentie, behalve als dit in de oorsprong gebeurt.

Wanneer we echter de punten 1 t/m 4 niet precies volgens de symmetrische binaire code kiezen, is de toestand geheel anders.

Gaan we uit van signaal 4 volgens de lijn $4PQ$ dan wordt nu eerst de grenslijn tussen 4

en 2 overschreden, waarbij we in het gebied van signaal 2 komen. Het overschrijden van de grenslijn $y = 0$ bij Q heeft nu geen gevolgen, we blijven in het gebied van signaal 2. Alleen die gedeelten van een grenslijn, grensvlak of grenshypervlak hebben betekenis, welke niet alleen even ver van signaal $(xyzu)_i$ als van $(xyzu)_j$ af liggen, maar bovendien niet dichter bij enig ander signaalpunt $(xyzu)_k$ liggen.

Hieruit volgt onmiddellijk dat overschrijding van het grensvlak tussen een bepaald signaalpunt en een ander, dat het eerst wordt ontmoet, uitgaande van het eerste signaalpunt, altijd consequenties heeft.

Bij de situatie zoals getekend in de figuur, is het niet mogelijk om rechtstreeks van het gebied van 3 in dat van 1 te komen, dit kan alleen via 2 of 4.

5. De zgn. integratiemethode voor de binaire code.

In een publicatie van Henning F. Harmuth getiteld:„On the improvement of teletype transmission by the application of protected Gaussian codes" in Proc. of the National Electronic Conference Vol. XI 1955 wordt voorgeslagen om in plaats van rechtstreeks de waarden $xyzu$ enz. te meten en daaruit het meest waarschijnlijke signaal te bepalen, de waarde te bepalen van enige sommen of integralen over de verschillende elementen. Als voorbeeld wordt behandeld een 5-dimensionale code, waarbij als sommen worden gekozen

$$\begin{aligned} S_1 &= x + y + z + u + v \\ S_2 &= x + y + z \phantom{{}+u} - v \\ S_3 &= -x \phantom{{}+y} + z + u + v \end{aligned}$$

Hoewel het enigszins moeilijk is uit de publicatie op te maken of voor deze integratiemethode op zichzelf, dus zonder af te wijken van de normale binaire code, voordelen worden geclaimed, wordt zeker niet gewezen op de nadelen ervan. Wij zullen heel algemeen afleiden wat het resultaat is bij een willekeurig aantal dimensies en een willekeurig aantal integralen.

Wanneer het aantal integralen m kleiner is dan het aantal elementen n, dan is het dus niet mogelijk uit de integralen de waarde van de coördinaten af te leiden.

Het bepalen van het meest waarschijnlijke signaal moet nu in twee stappen gebeuren. Eerst nemen we een bepaald signaal aan en bepalen uitgaande van dit signaal en de gemeten inte-

gralen de meest waarschijnlijke coördinaten. Het gevonden schijnbare signaal heeft dan een bepaalde afstand R_1^2 tot het gekozen signaal $(xyzu)_1$ van de code. Vervolgens kiezen we een ander signaal en bepalen uitgaande van dat signaal weer de meest waarschijnlijke coördinaten. We vinden dan een ander schijnbaar signaal dat de afstand R_2^2 heeft tot het gekozen signaal $(xyzu)_2$ van de code. Wanneer nu $R_1^2 < R_2^2$ is, is het waarschijnlijker dat $(xyzu)_1$ is gezonden dan $(xyzu)_2$. Op deze wijze kunnen we dus vaststellen welk signaal van de code het meest waarschijnlijk is. Natuurlijk kunnen allerlei andere procedures worden gevolgd om het meest waarschijnlijke signaal te vinden. Een methode zou b.v. als volgt zijn:

We hebben door middel van de $S_1 = f(xyzu)$ enz. de n-dimensionale ruimte geprojecteerd op de m-dimensionale S-ruimte. We zouden in de S-ruimte nu de kleinste afstand kunnen bepalen van een gemeten S-signaal tot één der signalen van de geprojecteerde binaire code. Deze procedure is echter a priori door niets gemotiveerd, omdat de afstanden in de projectie op ingewikkelde wijze samenhangen met de werkelijke afstanden. Alleen de bovenbeschreven methode is verantwoord en moet het meest juiste resultaat opleveren, dat te bereiken is met de onvolledige gegevens, nl. slechts m integralen in plaats van de n die noodzakelijk zijn om de coördinaten exact vast te stellen.

We zullen dus deze methode gebruiken.

Uit de m integralen kunnen de n coördinaten slechts uitgedrukt worden in $n - m$ willekeurige hulpgrootheden. Noemen we deze p, q, r enz. dan is

$$x' = \alpha_x p + \beta_x q + \gamma_x r + x$$

$$y' = \alpha_y p + \beta_y q + \gamma_y r + y \text{ enz.}$$

Wanneer een mogelijk signaal is $x'y'z'u'$, dan moet dus

$$S_1(x'y'z'u') = S_1(xyzu)$$

$$S_2(x'y'z'u') = S_2(xyzu) \text{ enz. zijn.}$$

S_1 t/m S_m zijn de lineaire „integralen" over de elementen.

Wanneer we het verschil van een bepaald mogelijk signaal en het werkelijke signaal (d.w.z. het signaal van de code + ruis) $\triangle x$, $\triangle y$ enz. noemen, dan is dus

$$\triangle x = \alpha_x p + \beta_x q + \gamma_x r$$

$$\triangle y = \alpha_y p + \beta_y q + \gamma_y r \text{ enz.}$$

Nog even recapitulerende, in de x coördinaat is

x_1 = het ware codesignaal
x = het ware signaal (codesignaal + ruis)
x' = een mogelijk signaal, dat aan de S-integralen voldoet.

We bepalen nu de afstand van een mogelijk signaal $x'y'z'u'$ tot het codesignaal $(xyzu)_1$

$$R_1^2 = (x' - x_1)^2 + (y' - y_1)^2 + (z' - z_1)^2 + (u' - u_1)^2 \text{ enz.}$$
$$R_1^2 = (x' - x + x - x_1)^2 + (y' - y + y - y_1)^2 + \ldots \text{ enz.}$$
$$x' - x = \triangle x \qquad x - x_1 = \overline{x}$$
$$R_1^2 = (\triangle x + \overline{x})^2 + (\triangle y + \overline{y})^2 + (\triangle z + \overline{z})^2 + (\triangle u + \overline{u})^2 + \ldots \text{ enz.}$$

We bepalen $\triangle x$, $\triangle y$ enz. zó dat deze afstand van het schijnbare signaal tot $(xyzu)_1$ een minimum wordt.

$$R_1^2 = \Sigma \overline{x}^2 + \Sigma(\triangle x)^2 + 2\,\Sigma \overline{x}\,\triangle x$$

We moeten dus de afgeleiden naar p, q, r enz. 0 stellen.

$$R_1^2 = \Sigma \overline{x}^2 + p^2\,\Sigma \alpha^2 + q^2\,\Sigma \beta^2 + r^2\,\Sigma \gamma^2 + 2\,p\,q\,\Sigma \alpha\beta + 2\,p\,r\,\Sigma \alpha\gamma +$$
$$+ 2\,q\,r\,\Sigma \beta\gamma + 2\,p\,\Sigma \overline{x}\,\alpha_x + 2\,q\,\Sigma \overline{x}\,\beta_x + 2\,r\,\Sigma \overline{x}\,\gamma_x$$

Nu kunnen we altijd de grootheden α, β, γ en p, q, r zo transformeren, dat

$$\Sigma \alpha^2 = \Sigma \beta^2 = \Sigma \gamma^2 = 1$$
$$\Sigma \alpha\beta = \Sigma \alpha\gamma = \Sigma \beta\gamma = 0 \quad \text{is.}$$

Met behulp van deze nieuwe grootheden, die we gemakshalve met dezelfde letters blijven aanduiden, wordt

$$R_1^2 = \Sigma \overline{x}^2 + p^2 + q^2 + r^2 + 2\,p\,\Sigma \overline{x}\,\alpha_x + 2\,q\,\Sigma \overline{x}\,\beta_x + 2\,r\,\Sigma \overline{x}\,\gamma_x$$

$$p + \Sigma \overline{x}\,\alpha_x = 0$$
$$q + \Sigma \overline{x}\,\beta_x = 0$$
$$r + \Sigma \overline{x}\,\gamma_x = 0$$
$$R_1^2 = \Sigma \overline{x}_1^2 - \left\{(\Sigma \overline{x}_1\,\alpha_x)^2 + (\Sigma \overline{x}_1\,\beta_x)^2 + (\Sigma \overline{x}_1\,\gamma_x)^2\right\}$$

Dit stelt dus voor de kleinst mogelijke schijnbare afstand tot $(xyzu)_1$ waarbij $\overline{x}_1 = x - x_1$ enz.

Evenzo is de kleinst mogelijke schijnbare afstand tot $(xyzu)_2$ $R_2^2 = \Sigma \overline{x}_2^2 - \left\{(\Sigma \overline{x}_2\,\alpha_x)^2 + (\Sigma \overline{x}_2\,\beta_x)^2 + (\Sigma \overline{x}_2\,\gamma_x)^2\right\}$, waarbij $\overline{x}_2 = x - x_2$ enz. De kleinst mogelijke schijnbare afstand tussen twee signaalpunten wordt dus gegeven door de werkelijke afstand ver-

minderd met de afstand die de punten hebben in een rechthoekig assenstelsel van $n - m$ dimensies

$$S_\alpha = x\,\alpha_x + y\,\alpha_y + z\,\alpha_z + u\,\alpha_u$$
$$S_\beta = x\,\beta_x + y\,\beta_y + z\,\beta_y + u\,\beta_u$$
$$S_\gamma = x\,\gamma_x + y\,\gamma_y + z\,\gamma_z + u\,\gamma_u$$

Wanneer we dit assenstelsel aanvullen met de ontbrekende dimensies S_δ, S_ε, S_φ enz. tot een orthogonaal assenstelsel van n dimensies, dan is in dit n dimensionale assenstelsel de afstand tussen de signaalpunten gelijk aan de werkelijke afstand, daar het slechts een draai-spiegeling betreft (immers $\Sigma\,\alpha^2 = \Sigma\,\beta^2 = \Sigma\,\gamma^2 = 1$ en $\Sigma\,\alpha\,\beta = \Sigma\,\alpha\,\gamma = \Sigma\,\gamma\,\beta = 0$).

Wat er overblijft voor de schijnbare afstand is dus de afstand alleen over de m coördinaten S_δ, S_ε, S_φ gemeten, hetgeen dus alijd kleiner is dan de werkelijke afstand.

Oorspronkelijk gegeven zijn de m integralen

$$S_1 = a_x\,x + a_y\,y + a_z\,z + a_u\,u + \ldots \text{ enz.}$$

De $S_1\,S_2\,S_3$ zijn niet identiek met $S_\delta\,S_\varepsilon$ enz. immers ze zijn niet orthogonaal. We weten echter dat S_1 enz. niet verandert als we x vervangen door $x + \alpha_x\,p + \beta_x\,q + \gamma_x\,r$ enz. en wel voor iedere waarde van p, q en r. Hieruit volgt dat

$$a_x\,\alpha_x + a_y\,\alpha_y + a_z\,\alpha_z + a_u\,\alpha_u \text{ enz.} = 0 \text{ is}$$
$$a_x\,\beta_x + a_y\,\beta_y + a_z\,\beta_z + a_u\,\beta_u \text{ enz.} = 0 \text{ enz.}$$

De m assen $S_1\,S_2\,S_3$ enz. zijn dus wel orthogonaal ten opzichte van alle $(n - m)$ assen $S_\alpha\,S_\beta\,S_\gamma$.

Wanneer we m lineaire combinaties van $S_1\,S_2\,S_3$ maken, die onderling orthogonaal zijn, hebben we een stel assen verkregen dat de rol van $S_\delta\,S_\varepsilon\,S_\varphi$ kan vervullen.

We kunnen echter dan even goed $S_\delta\,S_\varepsilon\,S_\varphi$ als oorspronkelijk gegeven aanzien, immers als $S_\delta\,S_\varepsilon\,S_\varphi$ bekend zijn dan zijn $S_1\,S_2\,S_3$ eveneens bekend. We doen dus niets aan de algemeenheid te kort als we de lineaire combinaties $S_1\,S_2\,S_3$ orthogonaal en genormaliseerd aannemen. ($\Sigma\,a_x^2 = \Sigma\,b_x^2 = \Sigma\,c_x^2$ enz. 1 $\Sigma\,a_x\,b_x = \Sigma\,a_x\,c_x = \Sigma\,b_x c_x$ enz. $= 0$)

De schijnbaar kleinste afstand tussen twee signaalpunten wordt nu gegeven door de afstand tussen deze punten in de projectie met de m coördinaten $S_1\,S_2\,S_3$, en is dus gelijk aan

$$\{(S_1)_1 - (S_1)_2\}^2 + \{(S_2)_1 - (S_2)_2\}^2 + \{(S_3)_1 - (S_3)_2\}^2$$

De beste detectiemethode bestaat dus in het opzoeken van het meest nabije punt van de code in de genormaliseerde orthogonale S-ruimte.

6. Het verlies in signaal-ruis-verhouding.

We keren terug tot de formule:

$$R^2 = \Sigma \bar{x}^2 - \{(\Sigma \bar{x}\, \alpha_x)^2 + (\Sigma \bar{x}\, \beta_x)^2 + (\Sigma \bar{x}\, \gamma_x)^2\}$$

$\bar{x}_i$ is $x - x_i$.

R is de schijnbare afstand tussen het punt $xyzu$ en het punt $(xyzu)_i$. We passeren het grensvlak van gelijke waarschijnlijk heid voor de signaalpunten der code $(xyzu)_1$ en $(xyzu)_2$, als

$$\Sigma \bar{x}_1^{\,2} - \{(\Sigma \bar{x}_1\, \alpha_x)^2 + (\Sigma \bar{x}_1\, \beta_x)^2 + (\Sigma \bar{x}_1\, \gamma_x)^2\} =$$
$$= \Sigma \bar{x}_2^{\,2} - \{(\Sigma \bar{x}_2\, \alpha_x)^2 + (\Sigma \bar{x}_2\, \beta_x)^2 + (\Sigma \bar{x}_2\, \gamma_x)^2\}$$

Wanneer we in deze formule de coëfficiënt van $\bar{x}$ gelijk stellen aan K_{xx} en die van $\overline{xy}$ aan $2\, K_{xy}$, dan wordt voor het grensvlak

$$\Sigma K_{xx} \{(x - x_2)^2 - (x - x_1)^2\} + 2\, \Sigma K_{xy} \{(x - x_2)(y - y_2) -$$
$$- (x - x_1)(y - y_1)\} = 0$$

$$\Sigma K_{xx} \{x_2^{\,2} - x_1^{\,2} - 2\, x x_2 + 2\, x x_1\} + 2\, \Sigma K_{xy} \{(x - x_1 + x_1 - x_2) .$$
$$. (y - y_1 + y_1 - y_2) - (x - x_1)(y - y_1)\} = 0$$

$$\Sigma K_{xx} \{\tfrac{1}{2}(x_1 - x_2)^2 + \bar{x}(x_1 - x_2)\} + \Sigma K_{xy} \{\bar{x}(y_1 - y_2) + \bar{y}(x_1 - x_2) +$$
$$+ (x_1 - x_2)(y_1 - y_2)\} = 0$$

Hierbij staat $\bar{x}$ voor $x - x_1$.

$$\bar{x} \sum_y K_{xy}(y_1 - y_2) + \bar{y} \sum_x K_{yx}(x_1 - x_2) + \ldots \text{ enz.}$$
$$+ \Sigma K_{xx} \tfrac{1}{2}(x_1 - x_2)^2 + \Sigma K_{xy}(x_1 - x_2)(y_1 - y_2) = 0$$

De kleinste afstand $R^2 = \Sigma \bar{x}^2$ vanaf $x_1 y_1 z_1$ tot het vlak $F_x \bar{x} + F_y \bar{y} + F_z \bar{z} + \ldots = G$ krijgen we door de coördinaten van het raakpunt van de bol met straal R en middelpunt $(xyz)_1$ te stellen

$$\bar{x} = a\, F_x \qquad \bar{y} = a\, F_y \qquad \bar{z} = a\, F_z$$

We hebben dan
$$a \Sigma F_x^2 = G$$
$$a^2 \Sigma F_x^2 = R^2$$
$$R^2 = \frac{G^2}{\Sigma F_x^2}$$

De straal van de bol rakende aan het grensvlak tussen $(xyzu)_1$ en $(xyzu)_2$ wordt dus gegeven door:

$$R = \frac{\left\{\Sigma K_{xx} \tfrac{1}{2} (x_1 - x_2)^2 + \Sigma K_{xy} (x_1 - x_2)(y_1 - y_2)\right\}^2}{\left\{\sum\limits_y K_{xy} (y_1 - y_2)\right\}^2 + \left\{\sum\limits_x K_{xy} (x_1 - x_2)\right\}^2 + \ldots \text{ enz.}}$$

$$= \frac{\left\{\Sigma K_{xx} \tfrac{1}{2} (x_1 - x_2)^2 + \Sigma K_{xy} (x_1 - x_2)(y_1 - y_2)\right\}^2}{(y_1 - y_2)^2 \sum\limits_x K_{yx}^2 + (x_1 - x_2)^2 \sum\limits_y K_{xy}^2 + \ldots 2(x_1 - x_2)(y_1 - y_2) \Sigma K_{xz} K_{yz} \text{ enz.}}$$

Nu is $K_{xx} = 1 - \alpha_x^2 - \beta_x^2 - \gamma_x^2 \ldots$

$$K_{xy} = -\alpha_x \alpha_y - \beta_x \beta_y - \gamma_x \gamma_y \ldots$$

$$\sum_y \alpha_y K_{xy} = \alpha_x - \alpha_x (\alpha_x^2 + \alpha_y^2 + \alpha_z^2 + \ldots) - \beta_x (\alpha_x \beta_x + \alpha_y \beta_y + \alpha_z \beta_z + \ldots) = 0$$

Evenzo $\sum\limits_y \beta_y K_{xy} = 0$

Nu is $\sum\limits_y K_{xy}^2 = \Sigma K_{xy} (-\alpha_x \alpha_y - \beta_x \beta_y - \gamma_x \gamma_y +) + K_{xx}$
$= K_{xx}$.

Verder $\sum\limits_z K_{xz} K_{yz} = \sum\limits_z K_{xz} (-\alpha_y \alpha_z - \beta_y \beta_z - \gamma_y \gamma_z) + K_{xy}$
$= K_{xy}$.

Met behulp van deze betrekkingen kunnen we de uitdrukking voor R^2 herleiden tot

$$R^2 = \frac{\left\{\Sigma K_{xx} \tfrac{1}{2} (x_1 - x_2)^2 + \Sigma K_{xy} (x_1 - x_2)(y_1 - y_2)\right\}^2}{(y_1 - y_2)^2 K_{yy} + (x_1 - x_2)^2 K_{xx} + \ldots 2 (x_1 - x_2)(y_1 - y_2) K_{xy}}$$

We zien dat de teller van de breuk juist het kwadraat is van de halve noemer. De schijnbare afstand tussen de punten 1 en 2 was $R_{12}^2 = \Sigma (x_1 - x_2)^2 K_{xx} + 2 \Sigma (x_1 - x_2)(y_1 - y_2) K_{xy}$, en de kortste afstand van punt $(xyzu)_1$ tot het grensvlak met $(xyzu)_2$ wordt nu

$$R^2 = \frac{(\tfrac{1}{2} R_{12}^2)^2}{R_{12}^2} = \tfrac{1}{4} R_{12}^2 \qquad R = \tfrac{1}{2} R_{12}.$$

De kortste werkelijke afstand vanaf een bepaald signaalpunt

$(xyzu)_1$ waarop een foutief signaal $(xyzu)_2$ waarschijnlijker wordt dan het goede, is dus juist de helft van de schijnbare afstand van het verkeerde signaal tot het goede, en dus de helft van de afstand tussen de projecties van de twee signaalpunten in de genormaliseerde S-ruimte.

Deze stelling, die in het voorgaande enigszins moeizaam is afgeleid, volgt eigenlijk rechtstreeks uit de definitie van schijnbare afstand.

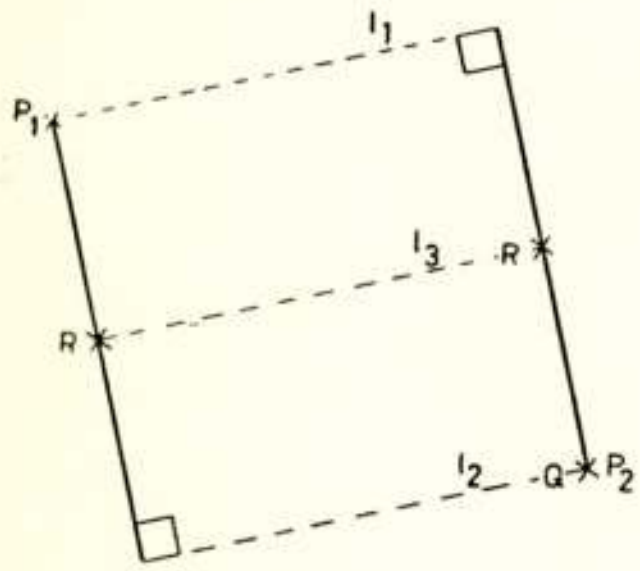


Fig. 3.
Twee signalen met de gebieden welke hiervan niet te onderscheiden zijn.

Laat Q een willekeurig signaalpunt zijn, en P_1 een signaal van de code. De schijnbare afstand van Q tot P_1 is dan de kleinste ruis die we aan het signaal P_1 moeten toevoegen om een signaal te krijgen, dat in S dezelfde projectie geeft als Q. Laat alle punten die in S dezelfde projectie hebben als Q, liggen op l_2, gegeven door

$$x - x_q = \alpha_x p + \beta_x q + \gamma_x r$$
$$y - y_q = \alpha_y p + \beta_y q + \gamma_y r$$

enz.

De kleinste afstand is R, wat dus per definitie de schijnbare afstand is tussen P_1 en Q. Hierbij is het onverschillig, welk van de twee we als signaal van de code nemen, omdat l_1 en l_2 „evenwijdig" zijn.

Laat nu zowel P_1 als $Q = P_2$ mogelijke signalen van de code zijn. De kortste werkelijke afstand vanaf P_1, waarop een foutief signaal P_2 waarschijnlijker wordt dan het goede, is de helft van R. Immers van alle punten welke liggen op l_3, gegeven door

$$x = \tfrac{1}{2}(x_1 + x_2) + \alpha_x p + \beta_x q + \gamma_x r$$

$$y = \tfrac{1}{2}(y_1 + y_2) + \alpha_y p + \beta_y q + \gamma_y r$$

is de schijnbare afstand tot zowel P_1 als P_2 gelijk aan $\frac{1}{2} R$.

Volledigheidshalve dient nog te worden opgemerkt dat l_3 niet identiek is met het grensvlak, de meetkundige plaats van alle punten welke een even grote schijnbare afstand tot P_1 als P_2 hebben. Wel ligt l_3 geheel binnen dit vlak. Wanneer we de $(n-m)$ grootheden p, q en r elimineren, ontstaan m lineaire betrekkingen in x, y, z dus m hypervlakken. l_3 is het gemeenschappelijke gedeelte van deze m vlakken, en ligt bovendien

geheel in het grensvlak, dat dus een lineaire combinatie is van deze m vlakken.

Bij dit alles hebben we niet gebruik gemaakt van het feit dat de gebruikte code de normale binaire code is, en het geldt dus algemeen.

We leiden nu nog enkele speciale betrekkingen af voor de binaire code. $4\,R^2_x$, de schijnbare afstand tussen twee punten van de code welke alleen in x verschillen, is $4\,K_{xx}$. De kleinste afstand waarop een fout in de x-coördinaat alleen dus mogelijk is, is $K_{xx} = 1 - \alpha_x^2 - \beta_x^2 - \gamma_x^2 \ldots$ enz.
Evenzo $R_y^2 = 1 - \alpha_y^2 - \beta_y^2 - \gamma_y^2 \ldots$ enz.
$\Sigma R^2_x = n - (\alpha_x^2 + \alpha_y^2 + \alpha_z^2 + \ldots) - (\beta_x^2 + \beta_y^2 + \beta_z^2 + \ldots)$ enz. $=$
$= n - (n - m) = m$.
Door het aantal betrekkingen $S_1\,S_2\,S_3$ ligt dus vast de som van de min. afstanden, waarop een fout in één coördinaat mogelijk is. Het verlies in ruis-signaalverhouding is dus gemiddeld $\frac{n}{m}$.

In het algemeen is de schijnbare afstand tussen twee punten van de code, welke verschillen in K coördinaten, b.v. $x\,y\,z$

$$4\,R^2_{x+y+z} = 4\left\{K - (\alpha_x + \alpha_y + \alpha_z)^2 - (\beta_x + \beta_y + \beta_z)^2 - (\gamma_x + \gamma_y + \gamma_z)^2\right\}$$
$$R_{x+y+z} = 3 - (\alpha_x + \alpha_y + \alpha_z)^2 - (\beta_x + \beta_y + \beta_z)^2 - (\gamma_x + \gamma_y + \gamma_z)^2$$
$$R_{x-y-z} = 3 - (\alpha_x - \alpha_y - \alpha_z)^2 - (\beta_x - \beta_y - \beta_z)^2 - (\gamma_x - \gamma_y - \gamma_z)^2$$

De tekens komen overeen met de tekens van $x_1 - x_2$, $y_1 - y_2$, $z_1 - z_2$.

Tot slot van het algemeen gedeelte geven we nog eens de betrekkingen tussen de gebruikte grootheden. We nemen als voorbeeld $n = 5 \quad m = 3$.

$$n - m \begin{cases} S_\alpha = x\alpha_x + y\alpha_y + z\alpha_z + u\alpha_u + v\alpha_v & T_x = xK_{xx} + yK_{xy} + zK_{xz} + uK_{xu} + vK_{xv} \\ S_\beta = x\beta_x + y\beta_y + z\beta_z + u\beta_u + v\beta_v & T_y = xK_{xy} + yK_{yy} + zK_{yz} + uK_{yu} + vK_{yv} \end{cases}$$

$$m \begin{cases} S_1 = xa_x + ya_y + za_z + ua_u + va_v & T_z = xK_{xz} + yK_{yz} + zK_{zz} + uK_{zu} + vK_{zv} \\ S_2 = xb_x + yb_y + zb_z + ub_u + vb_v & T_u = xK_{xu} + yK_{yu} + zK_{zu} + uK_{uu} + vK_{uv} \\ S_3 = xc_x + yc_y + zc_z + uc_u + vc_v & T_v = xK_{xv} + yK_{yv} + zK_{zv} + uK_{uv} + vK_{vv} \end{cases}$$

Eerst enige betrekkingen tussen de grootheden S en T als vectoren opgevat. De vermenigvuldiging is symbolisch (scalair product) x, y, z, u, v zijn onderling loodrechte eenheidsvectoren.

$$S_\alpha^2 = S_\beta^2 = S_1^2 = S_2^2 = S_3^2 = 1 \quad T_x^2 = K_{xx} \mid T_y^2 = K_{yy} \mid T_z^2 = K_{zz} \mid T_u^2 = K_{uu} \mid T_v^2 = K_{vv}$$
$$S_\alpha S_\beta = S_\alpha S_1 = S_1 S_2 \text{ enz.} = 0 \quad T_x T_y = K_{xy} \text{ enz.}$$

$$S_\alpha T_x = S_\beta T_x = S_\alpha T_y = S_\beta T_u \text{ enz.} = 0$$
$$S_1 T_x = a_x \qquad S_1 T_y = a_y$$
$$S_2 T_x = b_x \qquad S_2 T_y = b_y \text{ enz.}$$

Betrekkingen tussen de coëfficiënten:

$$K_{xx} = 1 - \alpha_x^2 - \beta_x^2 = a_x^2 + b_x^2 + c_x^2 \qquad \alpha_x^2 + \beta_x^2 + a_x^2 + b_x^2 + c_x^2 = 1$$

$$K_{xy} = -\alpha_x\alpha_y - \beta_x\beta_x = a_x a_y + b_x b_y + c_x c_y \qquad \alpha_x\alpha_y + \beta_x\beta_y + a_x a_y + b_x b_y + c_x c_y = 0$$

Wanneer $x = x_1 - x_2 \quad y = y_1 - y_2 \quad z = z_1 - z_2$ enz. dan is de schijnbare afstand tussen $(xyz)_1$ en $(xyz)_2$:

$$R^2 = \Sigma K_{xx} x^2 + 2 \Sigma K_{xy}\, xy = \Sigma x\, T_x .$$

Het grensvlak tussen twee punten $(xyzu)_1$ en $(xyzu)_2$, waarbij we de notatie gebruiken $\underline{x} = x_1 - x_2$

$$\bar{x} = x - x_1 \text{ enz.}$$

is $\bar{x} \sum_y K_{xy} y + \bar{y} \sum_x K_{xy} x + \ldots$ enz. $+ \frac{1}{2} \Sigma K_{xx} x^2 + \Sigma K_{xy}\, x y = 0$

$$\bar{x}\, T_x + \bar{y}\, T_y + \ldots + \tfrac{1}{2} \Sigma x\, T_x = 0$$
$$\Sigma (\bar{x} + \tfrac{1}{2} x)\, T_x = 0 .$$

Nemen we als oorsprong het midden tussen $(xyz)_1$ en $(xyz)_2$ en stellen $\bar{x} = x - \frac{1}{2}(x_1 + x_2)$ dan wordt het grensvlak $\Sigma \bar{x}\, T_x = 0$ (hier staat dus $\bar{x}$ voor $x - \frac{1}{2}(x_1 + x_2)$ en x in T_x voor $x_1 - x_2$, waarbij x dus niet dezelfde betekenis heeft).

7. Illustratie van de theorie aan het klassieke voorbeeld van Henning F. Harmuth.

Gegeven de „integralen"

$$S_1 = \quad x + y + z + u + v$$
$$S_2 = -x \qquad + z + u + v$$
$$S_3 = \quad x + y + z \qquad - v$$

We herleiden deze tot genormaliseerde S-coördinaten en krijgen b.v.

$$S_1 = \frac{1}{\sqrt{5}} (2v + u)$$

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt{5}} (2x + y)$$

$$S_3 = \frac{1}{\sqrt{35}} (x - 2y - 5z - 2u + v)$$

We kiezen verder

$$S_\alpha = \frac{1}{\sqrt{14}}(x - 2y + 2z - 2u + v)$$

$$S_\beta = \frac{1}{\sqrt{10}}(x + 2y + \qquad 2u - v)$$

Het diagram met de gevonden constanten wordt:

$$\begin{array}{llll}
S_\alpha\sqrt{14} = & x-2y+2z-2u+v & 35T_x = & 29x+12y-5z-2u+v \\
S_\beta\sqrt{10} = & x+2y \qquad +2u-v & 35T_y = & 12x+11y-10z-4u-2v \\
S_1\sqrt{5} = & \qquad\qquad u+2v & 35T_z = & -5x+10y+25z+10u-5v \\
S_2\sqrt{5} = & 2x+y & 35T_u = & -2x+4y+10z+11u+12v \\
S_1\sqrt{35} = & x-2y-5z-2u+v & 35T_v = & x-2y-5z+12u+29v
\end{array}$$

De halve afstand van twee signaalpunten van de code welke alleen in x verschillen, dus tevens het kleinste ruisvermogen, dat een foute x-coördinaat ten gevolge kan hebben, is $K_{xx} = \frac{29}{35}$.

Voor de andere coördinaten:

$$\begin{array}{ll}
35\,K_{xx} = 29 & K_{xx} + K_{yy} + K_{zz} + K_{uu} + K_{vv} = 3 \\
35\,K_{yy} = 11 & \qquad\qquad \text{zoals behoort.} \\
35\,K_{zz} = 25 & \text{Behalve in de } u \text{ en } y \text{ richting krijgen we} \\
35\,K_{uu} = 11 & \\
35\,K_{vv} = 29 & \text{ook nog een minimale afstand van } \frac{11}{35} \text{ voor}
\end{array}$$

de richtingen $x + z - y$ en $-u + z + v$. In deze richtingen is het verlies in ruis-signaalverhouding $\frac{35}{11}$ of ruim 5 db.

In de richtingen $x + y + z + u + v$, $x + z + y - v$, $-x + u + z + v$ en $x - z + v$ is de schijnbare afstand even groot als de werkelijke afstand. Dit zijn dan ook richtingen welke alleen componenten in $S_1\,S_2\,S_3$ hebben en dus $\perp S_\alpha$ en S_β staan. Het verlies in signaal-ruisverhouding komt tot stand doordat we in de n-dimensionale S-ruimte alleen de coördinaten $S_1\,S_2\,S_3$ hebben behouden, en alles wat zich afspeelt in de coördinaten $S_\alpha\,S_\beta$ onwerkzaam hebben gemaakt. Dit geldt zowel voor de signaalcoördinaten, als voor de ruiscoördinaten. Bij de ruis hebben we echter altijd slechts met één component te maken (zie appendix). Het gedeelte $\frac{n-m}{n}$ van de signaalenergie, nl. dat gedeelte wat in $S_\alpha\,S_\beta$ terecht komt, is nutteloos geworden. We

zouden een winst van $\frac{m}{n}$ hebben als we de totale beschikbare signaalenergie alleen in de m werkzame coördinaten uitzonden. Behalve dit verlies komt er dan nog bij dat de 2^n signalen van de binaire code afgebeeld worden in een m dimensionale ruimte, en daar in het algemeen een code zullen vormen met slechter rendement.

In het onderhavige geval is de totale energie van alle 2^5 signalen van de code per dimensie 32, dus voor 3 dimensies $S_1 S_2 S_3$ $3 \times 32 = 96$.

De kleinste afstand tussen twee signalen is $4 \times \frac{11}{35} = \frac{44}{35}$.

Het rendement is dus $\frac{44}{35} \times \frac{15\frac{1}{2}}{96} = 20{,}3\,\%$.

Bij de 5 dimensionale binaire code is het rendement

$4 \times \frac{15\frac{1}{2}}{160} = 38{,}75\,\%$.

8. Optimale keus van de integratie-coëfficiënten.

Wanneer $n - m = 1$ is, en we dus slechts één dimensie kwijt raken, zijn alleen $a_x a_y$ enz. de te bepalen coëfficiënten. De kleinste afstanden worden

$$R^2 = \Sigma K_i^2 - (\Sigma K_i a_i)^2, \text{ waarbij } K_i = \pm 1 \text{ of } 0.$$

Voor het bepalen van de kleinste afstanden kunnen we alle a_i positief nemen en tevens $K_i = +1$ of 0.

Wanneer we nu verder $a_1 \geqq a_2 \geqq a_3 \geqq a_4$ enz. stellen, dan wordt de kleinste afstand $1 - a_1^2$, $2 - (a_1 + a_2)^2$, $3 - (a_1 + a_2 + a_3)^2$ resp. voor signaalpunten welke verschillen in 1, 2, 3 of meer coördinaten.

Wanneer er n coördinaten zijn stellen we

$$a_2 = a_3 = a_4 = a_5 = \ldots\ldots = \tfrac{1}{2} a_1$$

Daar $\Sigma a^2 = 1$ is, wordt dus

$$a_1^2 + (n-1)\tfrac{1}{4} a_1^2 = 1 \qquad 1 = \tfrac{1}{4} a_1^2 (n+3)$$

De kleinste afstand voor n verschillende coördinaten stellen we gelijk aan die voor één verschillende coördinaat.

$$1 - a_1^2 = n - \{a_1 + (n-1)\tfrac{1}{2}a_1\}^2$$
$$1 - n = -\tfrac{1}{4}a_1^2\{(n+1)^2 - 4\}$$
$$1 - n = -\tfrac{1}{4}a_1^2(n-1)(n+3)$$
$$1 = \tfrac{1}{4}a_1^2(n+3)$$

Dit is dus inderdaad het geval.

Voor een aantal verschillende coördinaten tussen 1 en n in gelegen wordt de kleinste afstand

$$p - \{a_1 + (p-1)\tfrac{1}{2}a_1^2 = p - \tfrac{1}{4}a_1^2(p+1)^2$$
$$= 1 - a_1^2 + p - 1 - \tfrac{1}{4}a_1^2(p-1)(p+3)$$
$$= 1 - a_1^2 + (p-1)\{1 - \tfrac{1}{4}a_1^2(p+3)\}$$

Daar $p - 1 > 0$ is en ook $1 - \tfrac{1}{4}a_1^2(p+3) > 0$ is dit dus altijd groter dan $1 - a_1^2$. De kleinste afstand hebben we voor $p = 1$ en $p = n$, nl.

$$1 - a_1^2 = 1 - \frac{4}{n+3} = \frac{n-1}{n+3}$$

In dit geval is dus b.v.

$$S_a\sqrt{2} = x + \tfrac{1}{2}y + \tfrac{1}{2}z + \tfrac{1}{2}u + \tfrac{1}{2}v$$
$$2S_1 = y + z - u - v$$
$$2S_2 = y - z + u - v$$
$$2S_3 = y - z - u + v$$
$$S_4\sqrt{2} = -x + \tfrac{1}{2}y + \tfrac{1}{2}z + \tfrac{1}{2}u + \tfrac{1}{2}v$$

We kunnen ook trachten de a_i zo te bepalen, dat alle kleinste minimumafstanden even groot worden

Dus $\quad 1 - a_1^2 = k \qquad a_1 \geqq a_2 \geqq a_3 \geqq a_4$ enz.

$$2 - (a_1 + a_2)^2 = k$$
$$3 - (a_1 + a_2 + a_3)^2 = k$$

$$a_1 = \sqrt{1-k} \quad a_1 + a_2 = \sqrt{2-k} \quad a_1 + a_2 + a_3 = \sqrt{3-k}$$

$$a_1^2 + a_1^2 + \ldots . a_n^2 = 1 = n^2 - k(2n-1) - 2\{\sqrt{(1-k)(2-k)} +$$
$$\sqrt{(2-k)(3-k)} + \ldots \sqrt{(n-1-k)(n-k)}\} = A_n$$

A_1 t/m A_5 zijn in een grafiek uitgezet, en hieruit volgt een min.-afstand voor

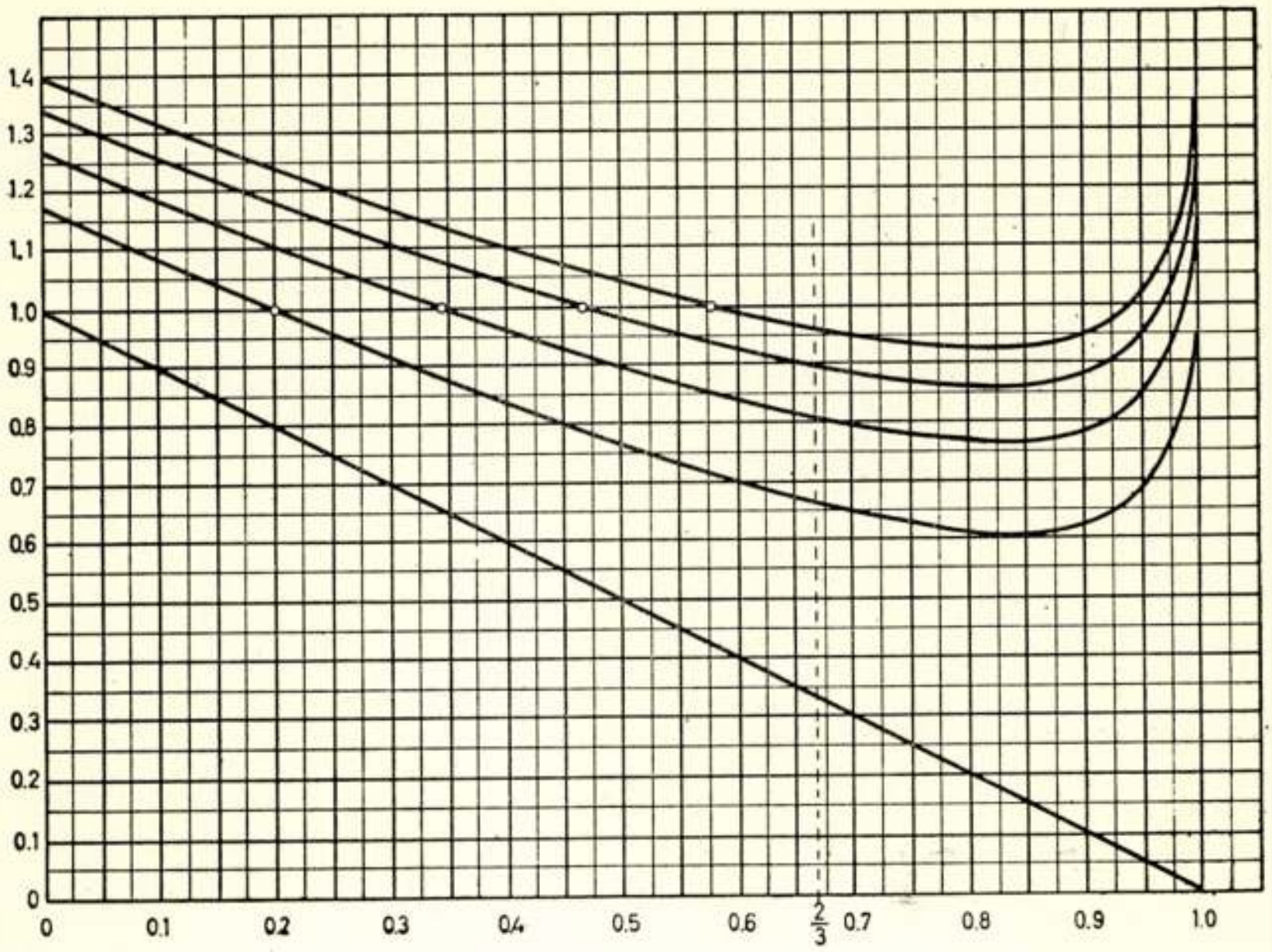


Fig. 4.

Grafiek ter bepaling van a_n, zodanig dat de kleinste minimumafstanden even groot worden. a_1^2 is de ordinaat van de onderste kromme, a_2^2 het verschil van de ordinaten van de twee onderste krommen enz. De cirkeltjes geven mogelijke waarden aan, nl. van links naar rechts voor resp. $n = 2$, 3, 4 en 5. De abscis is k.

$n = 1$	$k = 1$	$\frac{n-1}{n+3} =$
$n = 2$	$k = 0{,}2$	0,2
$n = 3$	$k = 0{,}34$	0,333
$n = 4$	$k = 0{,}465$	0,429
$n = 5$	$k = 0{,}578$	0,50

Het optimum ligt dus nog iets boven $\frac{n-1}{n+3}$.

Voor $k > \frac{2}{3}$ is deze oplossing niet mogelijk, omdat dan $\sqrt{2-k} - \sqrt{1-k} > \sqrt{1-k}$ wordt.

Ook wanneer slechts één integraal wordt gebruikt is het betrekkelijk gemakkelijk een overzicht over alle mogelijkheden te krijgen. We moeten nu dus de 2^n signaalpunten afbeelden op één lijn. De beste oplossing is die, waarbij de afbeeldingen

alle dezelfde onderlinge afstand hebben, en dit is het geval voor

$$S = 16\,x + 8\,y + 4\,z + 2\,u + v$$

Genormaliseerd wordt dit

$$S\sqrt{341} = 16\,x + 8\,y + 4\,z + 2\,u + v.$$

De kleinste afstand is hierbij $\frac{1}{341} = \frac{4-1}{4^5-1}$; het verlies bedraagt praktisch $\frac{1}{3} \,.\, 2^{10}$ of 25 db.

Voor $n = 2$ krijgen we $S\sqrt{5} = 2\,x + y$ en vinden we de gunstigste oplossing voor $n - m = 1$ terug. Het verlies is $\frac{3}{4^2-1} = \frac{1}{5}$ evenals boven is berekend.

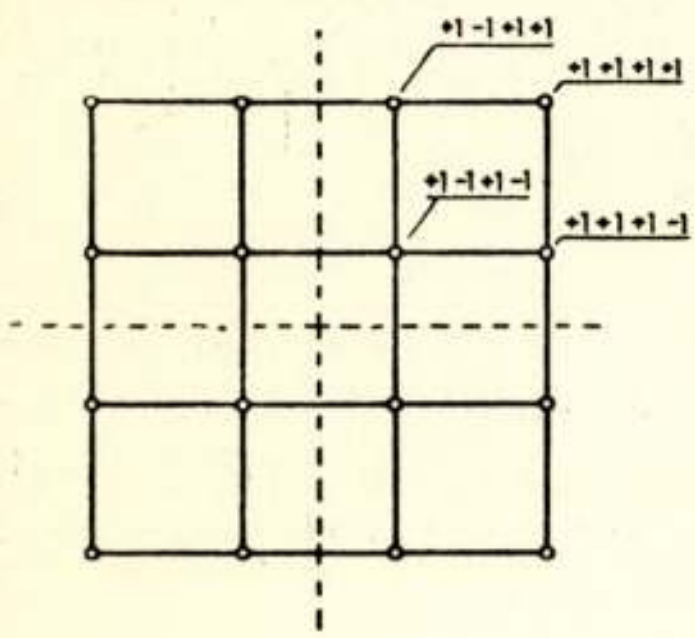


Fig. 5.
Afbeelding van de 4-dimensionale binaire code op een tweedimensionale code met 16 signalen.

Tenslotte is ook nog overzichtelijk het geval met een aantal „integralen" gelijk aan de helft van het aantal dimensies. Wanneer b.v. $n = 4$ en $m = 2$, dan moeten we dus het 4 dimensionale geval af beelden op een plat S-vlak. We kunnen hier een net van vierkanten krijgen door te stellen

$$S_1\sqrt{5} = 2\,x + y$$

$$S_2\sqrt{5} = 2\,v + u$$

Het rendement van deze code is $\frac{3}{p} = \frac{3}{16}$.

Rendement van de 4-dimensionale binaire code $\frac{7\frac{1}{2}}{16}$.

In ruis-signaalverhouding is dus de achteruitgang $\frac{5}{2}$, terwijl we bovendien de helft van de signaalenergie ongebruikt laten, zodat eigenlijk het verlies $\frac{5}{1}$ bedraagt.

Dit zelfde verlies vinden we door de kleinste afstand te berekenen, welke een fout teken kan geven. Wanneer uitsluitend y afwijkt, hebben we een afstand

$$S_1^2 + S_2^2 = \frac{1}{5} + 0 = \frac{1}{5}.$$

Bij $n = 5$ en de „integralen" van Harmuth wordt toegevoegd $S_3 \sqrt{35} = x - 2y - 5z - 2u + v$, wat inderdaad een optimum vertegenwoordigt.

9. De Gaussian Code.

Na de uitvoerige beschouwingen gewijd aan de S-transformatie kunnen we hierover zeer kort zijn.

In het artikel van Harmuth wordt de Gaussian code verkregen door $m = n$ te nemen, en dan de signaalpunten zo te kiezen dat alle S coördinaten ± 1 worden voor alle signaalpunten. In het artikel wordt dan een oplossing gegeven voor $n = 2^a$. Er bestaat echter in het geheel geen aanleiding om ons deze beperking voor n op te leggen. Iedere orthogonale transformatie van $x\,y\,z\,u$ in $S_1\,S_2\,S_3\,S_4$ enz. vertaalt een normale binaire code in een Gaussian-code. Het voorbeeld van Harmuth

$$\begin{aligned} 2\,S_1 &= x + y + z + u \\ 2\,S_2 &= x + y - z - u \\ 2\,S_3 &= x - y + z - u \\ 2\,S_4 &= x - y - z + u \end{aligned}$$

is inderdaad zulk een orthogonale transformatie en levert dus een dergelijke code op, als we de omgekeerde transformatie nemen, dus

$$\begin{aligned} x &= \tfrac{1}{2}(S_1 + S_2 + S_3 + S_4) \\ y &= \tfrac{1}{2}(S_1 + S_2 - S_3 - S_4) \\ z &= \tfrac{1}{2}(S_1 - S_2 + S_3 - S_4) \\ u &= \tfrac{1}{2}(S_1 - S_2 - S_3 + S_4) \end{aligned}$$

Er zijn echter $\frac{1}{2}\,n\,(n-1)$ verschillende orthogonale transformaties mogelijk, en de Gaussian code uit het aangehaalde artikel is er dus slechts één uit vele.

Een transformatie met eenvoudige coëfficiënten is b.v.

$$\begin{aligned} 2\,S_u &= x + y + z - u \\ 2\,S_z &= x + y - z + u \\ 2\,S_y &= x - y + z + u \\ 2\,S_x &= -x + y + z + u \end{aligned}$$

In het algemeen $\frac{1}{2}\,n\,S_x = \Sigma\,x - \dfrac{n}{2}\,x$.

De omgekeerde transformatie is

$$\tfrac{1}{2} n\, x = \Sigma\, S_x - \tfrac{1}{2} n\, S_x\,.$$

Het is echter duidelijk dat een orthogonale assentransformatie aan de ligging van de signaalpunten ten opzichte van elkaar niets verandert. Wanneer bij een bepaalde ruisverdeling over de *xyzu* coördinaten een bepaald signaal in een ander overgaat, is dit gelijktijdig in het *S*-systeem het geval.

Wanneer dus de signalen zó worden verwerkt, dat werkelijk voor elke signaal + ruis-toestand het dichtstbijzijnde signaal van de code wordt gekozen, is er geen enkel voordeel in het gebruik van de Gaussian-code. Gebruikt men de Gaussian-code, dan kan in het *S*-systeem dus eenvoudig het juiste signaal worden bepaald door uitsluitend naar het teken van de *S*-integralen te kijken; precies zoals men bij de normale binaire code uitsluitend naar het teken van de *xyz*-coördinaten kijkt.

In de appendix worden de gevolgen van een overgang naar andere coördinaten nader besproken.

APPENDIX

1. De ruis in een fazekanaal.

Wanneer de effectieve waarde (kwadratisch gemiddelde waarde) van de ruisspanning op een weerstand V_{eff} is, dan is de waarschijnlijkheid dat de ogenblikswaarde ligt tussen V en $V + dV$

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-v^2} dv, \quad v = \frac{V}{V_{eff}}.$$

v heeft dus een Gaussische verdeling rondom de waarde 0. Wanneer we te maken hebben met een afgestemde kring of filter met een bepaalde eigenfrequentie, geeft elke ruisimpuls aanleiding tot een gedempte trilling van dezelfde frequentie, waarbij de amplitudo evenredig is met de ruisimpuls, en de faze afhangt van het tijdstip waarop de impuls optreedt. Alle ruisimpulsen tezamen veroorzaken een fluctuerende wisselstroom van dezelfde frequentie en wanneer we deze ontbinden in twee componenten, één met amplitude A en faze φ_0, de ander met faze $\frac{\pi}{2} + \varphi_0$ en amplitude B, dan is op een zeker tijdstip

$$A = a_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_0) + a_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_0) + \ldots \text{ enz.}$$

$$B = a_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_0) + a_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_0) + \ldots \text{ enz.}$$

als de amplitude en faze van de door ieder ruisimpuls afzonderlijk teweeggebrachte gedempte trillingen a_1, φ_1 enz. is.

Wanneer we nu $\varphi_1 - \varphi_0$ enz., dus ook $\cos(\varphi_1 - \varphi_0)$ en $\sin(\varphi_1 - \varphi_0)$ als vast gegeven aannemen, dan vertonen a_1, a_2 enz. de normale Gaussische variatie rondom 0. Wanneer we de som nemen van een aantal componenten met normale Gaussische verdeling, elk vermenigvuldigd met een constante factor dan is het resultaat een nieuwe Gaussische verdeling, waarbij het gemiddelde kwadraat de som is van de gemiddelde kwadraten van de afzonderlijke componenten.

Dus $\overline{A^2} = \overline{a_1^2} \cos^2(\varphi_1 - \varphi_0) + \overline{a_2^2} \cos^2(\varphi_2 - \varphi_0) + \ldots$ enz.

$\overline{B^2} = \overline{a_1^2} \sin^2(\varphi_1 - \varphi_0) + \overline{a_2^2} \sin^2(\varphi_2 - \varphi_0) + \ldots$ enz.

waarbij voor $\varphi_1 - \varphi_0$ alle regelmatig verdeelde fazehoeken moeten worden genomen.

$$\overline{A^2} = \tfrac{1}{2} \Sigma \overline{a_1^2}$$

$$\overline{B^2} = \tfrac{1}{2} \Sigma \overline{a_1^2}$$

We hebben dus voor elk fazekanaal een normale Gaussische verdeling, waarbij de effectieve waarde voor de beide fazen gelijk is. Wanneer we daarentegen niet de amplitude-fluctuaties per fazekanaal zouden beschouwen, maar per compleet frequentiekanaal, zonder naar de faze te kijken, wordt de toestand geheel anders.

Konden we bij de vorige beschouwing geheel in het midden laten of er al of niet een signaal aanwezig is, immers dit wordt eenvoudig in zijn componenten ontbonden en opgeteld bij de ruis, thans moeten we wel degelijk rekening met het signaal houden.

Wanneer er geen signaal aanwezig is, is de resulterende amplitude $\sqrt{A^2 + B^2} = R$. Noem de eff. waarde

$$A_{eff} = B_{eff} = V_{eff}, \text{ en verder } \frac{A}{V_{eff}} = a \quad \frac{B}{V_{eff}} = b \quad \frac{R}{V_{eff}} = r.$$

De kans dat a ligt tussen $\frac{A}{V_{eff}}$ en $\frac{A + d\,A}{V_{eff}}$ en tegelijk b tussen $\frac{B}{V_{eff}}$ en $\frac{B + d\,B}{V_{eff}}$ is

$$\frac{1}{\pi} e^{-a^2 - b^2}\, da\, db$$

Beschouwen we alle mogelijke waarden voor a en b, dan wordt de totale kans

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-(a^2+b^2)}\, da\, db = 1.$$

Gaan we over op andere coördinaten, nl. $r^2 = a^2 + b^2$, waarbij $a = r \cos \varphi$ en $b = r \sin \varphi$, dan kunnen we ook schrijven

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} e^{-r^2} r\, dr\, d\varphi = 2 \int_0^{\infty} e^{-r^2} r\, dr = 1$$

De kans dat r ligt tussen $\frac{R}{V_{eff}}$ en $\frac{R + dR}{V_{eff}}$ wordt dus gegeven door $2e^{-r^2} r\, dr$. Dit is geen Gaussische verdeling maar een Rayleigh-verdeling.

Indien er een signaal S aanwezig is, dat gemakshalve in faze met A wordt verondersteld, is de resulterende amplitudo $R^2 = (A + S)^2 + B^2$. Wanneer we weer schrijven $a = \frac{A}{V_{eff}}$ $b = \frac{B}{V_{eff}}$

$s = \frac{S}{V_{eff}}$ en verder nog $A + S = A'$ $a + s = a'$, dan wordt de kans dat a' ligt tussen $\frac{A'}{V_{eff}}$ en $\frac{A' + dA'}{V_{eff}}$ en tegelijk b tussen $\frac{B}{V_{eff}}$ en $\frac{B + dB}{V_{eff}}$

$$\frac{1}{\pi} e^{-(a^2+b^2)} da\, db = \frac{1}{\pi} e^{-r^2+s^2+2as} da'\, db$$

Beschouwen we weer alle mogelijke waarden van a' en b dan krijgen we

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-r^2+2sa'-s^2} da'\, db = 1$$

We gaan weer over op poolcoördinaten $a' = r \cos \varphi$ $b = r \sin \varphi$, de totale kans wordt

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} e^{-r^2} e^{-s^2} e^{2sr\cos\varphi} r\, dr\, d\varphi$$

Nu is $\int_0^{2\pi} e^{2sr\cos\varphi} d\varphi$ (r constant) $= 2\pi \mathcal{J}_0 (2jsr)$ en dus wordt de kans $2e^{-s^2} \int_0^{\infty} e^{-r^2} \mathcal{J}_0 . (2jsr)\, r\, dr = 1$

De kans dat r ligt tussen $\frac{R}{V_{eff}}$ en $\frac{R + dR}{V_{eff}}$ is nu gelijk aan $2e^{-s^2} e^{-r^2} r \mathcal{J}_0 (2jsr)\, dr$, en we hebben dus niet een eenvoudig additief verband tussen signaal, ruis en resulterende amplitude.

2. De ruis bij coördinatenformatie.

Wanneer we willen weten hoe groot de kans is dat we door de aanwezigheid van ruis in de verschillende fazekanalen $xyzu$ enz. een verwisseling krijgen van twee signalen $(xyzu)_1$ en $(xyzu)_2$ dan moeten we dus alle kansen optellen, die ons uitgaande van het punt $(xyzu)_1$ brengen tot voorbij het grensvlak, dat de verbindingslijn tussen $(xyzu)_1$ en $(xyzu)_2$ loodrecht middendoor deelt. Wanneer we de totale ruisspanning, die oorspronkelijk gegeven is in de coördinaten $xyzu$, nu ontbinden in een component lood,

recht op het genoemde grensvlak, dus in de richting van de verbindingslijn $P_1 P_2$ en $n - 1$ componenten evenwijdig met dit grensvlak, dus $\perp$ op de verbindingslijn, dan spelen deze laatste componenten geen rol. Uitsluitend van belang is, of de component in de richting $P_1 P_2$ al of niet groter dan $\frac{1}{2} P_1 P_2$ is.

De component van de ruis in de richting $P_1 P_2$ wordt gegeven door $S = a_x x + a_y y + a_z z + a_u u$ enz., waarbij $\Sigma a^2 = 1$ is.

Daar de ruiscomponenten $xyzu$ enz. een Gaussische verdeling hebben met dezelfde effectieve waarde, heeft ook S een Gaussische verdeling met deze zelfde effectieve waarde, immers $\sqrt{\Sigma a^2} = 1$.

De waarschijnlijkheid dat twee bepaalde signalen verwisseld worden, hangt dus uitsluitend af van de verhouding van de afstand tussen de signalen tot de gemiddeld kwadratische ruis per fazekanaal, of per coördinaat.

Wanneer we dus bij de integratiemethode een aantal coördinaten onwerkzaam maken, wat zowel voor signaal als ruis geldt, vermindert toch de signaal-ruisverhouding. De afstand van de codesignalen wordt nl. in het algemeen kleiner, terwijl deze wordt vergeleken met de gemiddeld kwadratische ruis per fazekanaal, dus met een grootheid, welke niet kleiner wordt.

Een verder verlies komt dan nog tot stand doordat ook het „rendement" van de code vermindert, zoals ook op een andere plaats vermeld.

Conclusie.

Wanneer men als vergelijkingsbasis neemt een detectiemethode die alle informatie welke een door ruis verminkt telegrafiesignaal bevat, zich ook werkelijk ten nutte maakt, dan is ook bij de gunstigste keuze van de verschillende parameters, het verlies in equivalente signaal-ruisverhouding voor gelijke min. afstand bij de zgn. „integratiemethode" groot. De zgn. Gaussian code, welke neerkomt op een orthogonale assentransformatie, heeft theoretisch noch voor- noch nadelen.

Manuscript ontvangen 8 november 1957.

DE XIIe BIJEENKOMST VAN DE UNION RADIO-SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Van 22 augustus tot 5 september 1957 vond in Boulder, Colorado, in de Verenigde Staten, de XIIe „Assemblée Générale" van de Union Radio-Scientifique Internationale plaats. Het totaal aantal deelnemers, afkomstig uit 22 verschillende landen, bedroeg meer dan 500, waarvan de helft afkomstig was uit de Verenigde Staten. De Nederlandse delegatie bestond uit 13 personen.

Boulder is gelegen op ongeveer 100 km ten noorden van Denver, de hoofdstad van de staat Colorado. Het was door het Amerikaanse organisatiecomité, dat onder voorzitterschap van Dr. J. H. Dellinger alle voorbereidingen had getroffen, verkozen als plaats van samenkomst omdat het daar aanwezige laboratorium van het National Bureau of Standards en de Universiteit van Boulder goede mogelijkheid boden om een dergelijke bijeenkomst te ontvangen. Aangezien Boulder op 1600 m hoogte gelegen is, maakt het klimaat ook in de zomer een verblijf aldaar zeer aangenaam. De deelnemers konden gemakkelijk worden gehuisvest in een aantal studententehuizen welke op de fraaie campus van de Universiteit zijn gelegen, en ook de andere gebouwen boden ruime mogelijkheden tot accommodatie van de U.R.S.I.

Het wetenschappelijke werk van de U.R.S.I. is verdeeld over zeven Commissies, die elk onder leiding van een internationale voorzitter een aantal zittingen hebben gehouden. Een kort overzicht van het daarin behandelde is hieronder opgenomen. Bijzondere aandacht werd besteed aan het Internationale Geofysische Jaar, aan de voorbereiding en uitvoering waarvan ook door de U.R.S.I. voor bepaalde problemen een werkzaam aandeel is genomen. Voor de verschillende Commissies werden excursies ondernomen naar het Laboratorium van het National Bureau of Standards, dat bestaat uit een afdeling die zich bezig houdt met radiovoortplantingsproblemen, een afdeling radio-standaarden en een cryogeen-laboratorium.

Van de door het Uitvoerend Comité genomen algemene besluiten is het volgende te vermelden.

Tot de U.R.S.I. zijn als nieuwe leden toegetreden de U.S.S.R., Oostenrijk en Griekenland, waardoor het totaal aantal landen-leden op 27 is gebracht.

De President van de U.R.S.I., Père Lejay, trad na de sluiting van de bijeenkomst af. Tot President van de U.R.S.I. werd gekozen:

Dr. L. V. Berkner	(U.S.A.)

en tot Vice-Presidenten:

Dr. I. Koga	(Japan)
Dr. R. L. Smith-Rose	(United Kingdom)
Dr. G. A. Woonton	(Canada)

Tot Commissie-Voorzitters werden gekozen:

Commissie	I	Mr. B. Decaux	(Frankrijk)
Commissie	II	Dr. R. L. Smith-Rose	(United Kingdom)
Commissie	III	Dr. D. F. Martyn	(Australië)
Commissie	IV	Prof. R. A. Helliwell	(U.S.A.)
Commissie	V	Prof. A. C. B. Lovell	(United Kingdom)
Commissie	VI	Dr. S. Silver	(U.S.A.)
Commissie	VII	Dr. W. G. Shepherd	(U.S.A.)

Besloten werd om in de toekomst tussen twee opeenvolgende algemene bijeenkomsten, welke om de drie jaar worden gehouden, een aantal internationale symposia te organiseren die bepaalde gespecialiseerde onderwerpen zullen behandelen, omdat verwacht wordt dat zulke symposia zich beter zullen lenen om diep en in detail op bepaalde onderwerpen in te gaan dan de algemene U.R.S.I. bijeenkomsten. Voor 1958 ligt het in de bedoeling een symposium over radio-astronomie in Parijs te organiseren in samenwerking met de Internationale Astronomische Unie. Voor 1959 is gedacht aan een symposium over Elektromagnetische Theorie, te houden in Toronto. Voorts zal in 1959 na beëindiging van het Inter-

nationale Geofysische Jaar zo mogelijk een symposium worden gehouden over de uitwendige ionosfeer en „whistlers".

Een nieuw stelsel voor de bepaling van de nationale bijdragen aan de U.R.S.I. werd vastgesteld. Tot nog toe waren deze gebaseerd op de grootte van de bevolkingen van de deelnemende landen, wat soms aanleiding gaf tot enkele moeilijkheden. Thans is een vrijwillige regeling aanvaard, zoals ook bij de meeste andere internationale unies gebruikelijk is. Als gevolg van deze wijziging is te verwachten dat de inkomsten van de U.R.S.I. belangrijk zullen stijgen, wat o.a. met het oog op het organiseren van de zojuist genoemde symposia van veel belang is te achten.

Voor 1960 heeft het Verenigd Koninkrijk de U.R.S.I. uitgenodigd haar XIIIe algemene bijeenkomst aldaar te houden.

Evenals in andere landen heeft ook het Amerikaanse Organisatie-comité zich ingespannen om de deelnemers naast het wetenschappelijke werk kennis te doen nemen van land en volk. Een aantal tochten werd aangeboden door de Rocky Mountains, aan welks voet Boulder is gelegen. Deze gaven de gelegenheid bezoeken te brengen aan enkele High Altitude Laboratories, die door een aantal universiteiten gezamenlijk zijn gesticht. Daarin worden o.a. onderzoekingen op het gebied van kosmische stralen en zonnestraling gedaan. Een rodeo werd bezocht, waarin staaltjes van cowboy-paardrijkunst werden getoond, terwijl ook een aantal Indiaanse dansen door een groep Amerikaanse jongens zeer fraai werden uitgevoerd. Deze excursies, welke gelegenheid gaven tot meer persoonlijk contact tussen de deelnemers, hebben er zeker toe bijgedragen dat alle deelnemers met voldoening aan hun verblijf in Boulder zullen terugdenken.

B. D. H. TELLEGEN

COMMISSIE I. MEETMETHODEN EN STANDAARDEN

Voorzitter: B. Decaux (Frankrijk)

Over de verschillende in deze commissie behandelde onderwerpen kan het volgende vermeld worden:

1. Standaarden voor vermogensmeting

De techniek van deze metingen is in voortdurende ontwikkeling, maar op frequenties boven 30 000 MHz is nog weinig gedaan. Er zijn verschillende methoden om het vermogen te meten: calorimetrisch, met bolometer, met thermistor, met differentiaal-thermometer die de verwarming van dunne weerstanden meet, temperatuursverhoging van dunne metaallagen met behulp van thermokoppel. Geheel andere methoden zijn die gebaseerd op de mechanische kracht op een aan een kwartsdraad opgehangen vaantje en op het Hall effect. In het algemeen geven al deze methoden meetresultaten die tot 1 of enkele procenten nauwkeurig zijn.

Nogmaals werd verzocht tot een internationale overeenstemming te komen, waartoe een resolutie werd aangenomen. Hierbij wordt de nationale laboratoria aanbevolen hun standaarden voor vermogensmeting op ongeveer 3000 en 10 000 MHz te vergelijken.

2. Frequentiestandaarden

Ook op dit gebied zijn vorderingen gemaakt. Kwartsoscillatoren zijn verbeterd door toepassing van temperaturen van vloeibaar helium en door toepassing van elektroden aan de glazen omhulling en door verbetering in de schakeling. Aan frequentiestandaarden die berusten op atoomresonanties, werd veel aandacht besteed. Hiervoor worden verschillende materialen gebruikt n.l. caesium en ammoniak. De constantheid hiervan is zeer groot en kan waarden bereiken van $1 : 10^{12}$. Deze worden gebruikt om kwartsklokken te calibreren. Deze atoomklokken zijn zo nauwkeurig dat zij niet meer met een astronomische standaard geijkt kunnen worden, daar deze teveel afwijkingen heeft, maar met andere atoomstandaarden. Teneinde deze atoomstandaarden te vergelijken, is een aanbeveling aangenomen hun frequenties te vergelijken met behulp van radio-uitzendingen en door circulatie van een standaard langs een aantal nationale laboratoria.

3. Standaardisatie

Ter stimulering van nationale en internationale pogingen tot standaardisatie van hoogfrequent en microgolf grootheden, zoals vermogen, impedantie, enz., wordt gevraagd hiervoor een lijst samen te stellen bevattende bereiken, frequentiegebieden en nauwkeurigheden.

4. Uitzending van tijdsignalen en normaal-frequenties

In verband met CCIR-vragen op dit gebied, worden verschillende vraagpunten ter bestudering gesteld betreffende de gebruikte frequentie, plaatsing van de stations, enz.

5. Voortplantingssnelheid van elektromagnetische golven

Als gevolg van het verdere onderzoek wordt aanbevolen als waarde voor de voortplantingssnelheid in vacuum: 299792,5 ± 0,4 km/sec.

J. W. ALEXANDER

COMMISSIE II. VOORTPLANTING IN DE TROPOSFEER

Voorzitter: Dr. R. L. Smith-Rose (United Kingdom)

Besloten werd alle troposferische voortplantingsaangelegenheden op frequenties groter dan 30 MHz tot het terrein van de commissie te rekenen, dus ook de invloed van onregelmatigheden in het terrein en die van heterogene samenstelling van de bodem. Voortplanting van „ground waves" op frequenties kleiner dan 30 MHz werd als behorend tot het terrein der Commissie VI beschouwd.

In een aantal zittingen werden vele problemen besproken. Als algemene regel gold dat op ieder van de zittingen het te behandelen onderwerp door een specialist op dat gebied werd ingeleid. Hierop volgden dan discussies en, als de tijd beschikbaar was, werden van de ingezonden documenten enkele behandeld die hiervoor in aanmerking kwamen. Een overzicht van het besprokene volgt hieronder.

Troposferische voortplanting binnen de horizon. Bij de onderzoekingen welke zich uitstrekken over afstanden niet verder dan de horizon dient men onderscheid te maken tussen groot opgezette experimenten waarvan het doel is het mechanisme van de voortplanting in zijn volle omvang te bestuderen, en onderzoekingen die trachten een verklaring van een gedetailleerd verschijnsel te geven.

In de Verenigde Staten zijn uitgebreide onderzoekingen gedaan welke trachten een verklaring voor het mechanisme van de voortplanting te geven. Het valt hierbij op dat men in de eerste plaats aandacht schenkt aan het meten van fazeverschillen van de aankomende signalen die bij een uitzending van één station op verschillende antennes worden ontvangen, of wel afkomstig zijn van voortplanting over paden die zich in elkaars nabijheid bevinden.

Voor deze onderzoekingen werd aan de fazemetingen een eerste orde van belangrijkheid toegedacht, terwijl het meten van de amplitude-variaties pas op het tweede plan kwam. Dit is gedaan omdat de onregelmatigheden in de brekingsindex in de fazemetingen veel directer weerspiegeld worden dan in de amplitudemetingen.

Bij deze metingen worden zoveel mogelijk parameters verzameld die bij de verdere analyse van nut kunnen zijn, zoals die verkregen uit metingen aan het aardoppervlak van de relatieve vochtigheid, temperatuur, luchtdruk en windsnelheid. Bovendien worden aan de oppervlakte directe metingen van de brekingsindex gedaan met behulp van de refractometers. Deze metingen worden aangevuld door ze te vergelijken met de waarnemingen met een dergelijk toestel dat in een helicopter is geplaatst en dat op een geschikte plaats van de radioverbinding metingen op verschillende hoogten verricht. Uit deze laatste kwam men tot de gevolgtrekking dat waarnemingen op het aardoppervlak en metingen met radiosondes reeds zeer waardevolle aanwijzingen kunnen geven voor het voorspellen van de kwaliteit van de verbinding. De invloed van wolkenformaties werd bestudeerd door het fotograferen van de hemel nabij de zender en de ontvanger.

De praktische en theoretische betekenis van al deze metingen voor het bestuderen van turbulentie, en van de invloed van deze op de radiovoortplanting binnen en buiten de horizon, werd algemeen erkend.

Wat betreft de meer speciale onderzoekingen, zijn te noemen metingen in Zweden die aantonen dat de vochtigheid van de bodem bij verticaal gepolariseerde golven grote invloed heeft op de veldsterkte. Uit het percentage van het water kan men de diëlectrische constante aan het aardoppervlak berekenen; de samenstelling van de grond doet er minder toe. Ook de invloed van de temperatuur wordt als niet belangrijk beschouwd. Metingen langs een niet-homogene verbinding gaven onder hiertoe gunstige omstandigheden een „recovery effect". Ook hier bleek dat de toestand van de bodem nabij de zender en de ontvanger van zeer grote invloed is op de totale verliezen langs de beschouwde verbinding.

Volgens Amerikaanse waarnemingen komt de invloed van het terrein in de nabijheid van antennes ook sterk tot uitdrukking als men de invloed van onregelmatigheden beziet. Het blijkt dat betrekkelijk geringe verheffingen in het terrein, die zeker niet als obstakels in de zin van huizen e.d. beschouwd behoeven te worden, de ontvangst zeer scherp kunnen beïnvloeden. Zij veroorzaken diffractieverschijnselen welke veel gelijken op die welke men bij „knife-edge"-diffractie verkrijgt; de amplitudevariaties zijn echter groter. Voor een enkel geval werd een gain van 10 dB op een frequentie van 3300 MHz gevonden.

In Engeland werd de invloed van de troposferische voortplanting op de verandering van de polarisatietoestand van de golven bestudeerd, op ongeveer gelijke wijze als dat in het Dr. Neherlaboratorium is geschied. De metingen strekten zich uit binnen en buiten de horizon. De resultaten van deze onderzoekingen tonen aan, indien men de invloed van obstakels in de nabijheid van de ontvangantenne in aanmerking neemt, dat de polarisatie-toestand zich zeer goed handhaaft bij voortplanting door de troposfeer. Dit is in overeenstemming met wat in het Dr. Neher-laboratorium gevonden werd.

In Amerika werd de breking onderzocht door het meten van de richtingsverandering van de radiostraal binnen de horizon. Tussen de gemeten en de berekende richting van aankomst van de straal bleek goede overeenstemming te bestaan. Fouten van circa 2 milliradialen in de winter en 3 in de zomer bij een elevatiehoek van 50 milliradialen werden gevonden voor frequenties in het gebied van 500 tot 1000 MHz. De richtingsverandering werd onder verschillende omstandigheden berekend aan de hand van met radiosondes verkregen metingen. De nauwkeurigheid van de metingen was 1/10 milliradiaal. De verschillen waren het grootst in gevallen waar depressies optraden en het kleinst onder standaardcondities.

Door vergelijking van een ½ λ-dipool met antennes met verschillende stralingsdiagrammen konden de variaties van het effectieve oppervlak van antennes (met behulp van faze- en amplitudemetingen) als gevolg van de voortplanting binnen de horizon worden bepaald.

Troposferische voortplanting buiten de horizon anders dan door scattering. Bij de bespreking van de troposferische voortplanting buiten de horizon is het interessant kennis te nemen van de resultaten van metingen in Japan. Voor de uitzending werd een antenne met grote spreiding gebruikt en hierdoor werd het hele profiel van een berg van vulkaanachtige vorm belicht. Door voor de ontvangst een scherp gebundelde antenne te gebruiken was het mogelijk een beeld te vormen van de ruimtelijke verdeling van het veld. De resultaten geven redelijke overeenstemming met de theoretische verwachtingen bepaald met het „knife-edge"-model. Over de polarisatiemetingen en de overeenstemming die tussen Nederlandse en Engelse waarnemers bestond is hierboven reeds gesproken.

Het algemene onderzoek betreffende voortplanting binnen de horizon dat hierboven in het kort werd beschreven, is ook buiten de horizon voortgezet. Gedurende lange tijd zijn onderzoekingen gedaan betreffende de grootte en de „transmission loss" over een honderdtal verbindingen in Amerika. Gevonden is dat in de V.H.F. en U.H.F.-banden de afname van de veldsterkte ten opzichte van een voortplanting in de vrije ruimte evenredig met de frequentie toeneemt. Het was mogelijk standaard voorspellingskrommen te maken voor verbindingen die zich tot buiten de horizon uitstrekken. In studie zijn de invloed van de "angular distance" van de afstand tussen de radiohorizons van zender en ontvanger en van de brekingsindex in de nabijheid van het aardoppervlak.

Scatter propagation. De laatste jaren is een beter begrip verkregen betreffende het wezen van de „scatter propagation".

Theorieën gebaseerd op de „mixing-in-gradient"-hypothese zijn hierbij van grote waarde gebleken. Men beschouwt hierbij de gradient van de brekingsindex, en de invloed van diens afwijking van een stabiele gemiddelde waarde, op de turbulentie. Zoals bekend denkt men in een door turbulentie beroerde atmosfeer luchtbellen („blobs") aanwezig welke lucht bevatten waarvan de physische grootheden een kleine afwijking van de gemiddelde waarde vertonen. Bij het roteren van dergelijke „blobs" wordt waterdamp van hogere naar lagere punten verplaatst en omgekeerd. Bij de „mixing-in-gradient"-theorieën wordt een lineair verband tussen de luchtbelafmetingen (turbulentieschaal) en de aanwezige vertikale gradient van de brekingsindex aangenomen. Het bestaan van een zeer goede correlatie tussen de sterkte van de scattersignalen en deze gradient is experimenteel bevestigd.

Is men in staat de bovengenoemde gradient met voldoende nauwkeurigheid te bepalen, dan is het mogelijk voorspellingen te doen betreffende de kwaliteit van de verbinding in afhankelijkheid van de radiofrequentie en de afstand. Bovendien kunnen dan grootheden betrekking hebbende op de fading, in het bijzonder de amplitudedistributie en de toelaatbare bandbreedte, berekend worden.

Berekeningen van de ruimtecorrelatie van het veld (van belang voor „diversity" ontvangst) en van de „height gain" leveren resultaten op die beter met de werkelijkheid overeenstemmen indien men aanneemt dat de luchtbellen die de scattering veroorzaken anisotroop zijn, dat wil zeggen dat de afmetingen in verschillende richtingen niet hetzelfde zijn. De horizontale uitgestrektheid is groter dan de verticale.

De aanwezigheid van dergelijke afgevlakte luchtbellen kan ook dienen als basis voor een tweede theorie (schotelmodel van Friis, Crawford en Hogg). Men veronderstelt dan dat de scheiding van de luchtbel en de omgeving een discontinuïteit van beperkte horizontale afmetingen vormt. Op deze discontinuïteiten treden partiële reflecties op.

Bij het meten van het verticale profiel van de brekingsindex worden discontinuïteiten dikwijls waargenomen. Men spreekt dan van lagen. Een andere opvatting is dat dergelijke lagen weder de bron van sterke onregelmatigheden zouden zijn, welke bij toepassing van de „mixing-in-gradient"-hypothese op de plaatsen waar de reflecties optreden, componenten opleveren welke de fading kunnen verklaren.

Zoals bekend is door Carroll reeds vroeger een derde theorie ontwikkeld, waarbij de reflectie wordt aangenomen te geschieden door partiële reflecties in een continu veranderend brekingsindexprofiel. Aan de motivering van zijn theorie is tijdens de bespreking door hem zeer veel tijd besteed, zonder dat echter naar dezerzijdse mening gezichtspunten naar voren zijn gebracht die niet reeds in de literatuur voorkwamen. Zoals men weet kan de theorie goede voorspellingen maken voor te verwachten veldsterkten; deze theorie schiet echter te kort waar het betreft voorspellingen betreffende de vorm en het karakter van de fading, de toelaatbare bandbreedte en de teruggang in de „antenne-gain".

Verbindingen over een afstand van enige honderden kilometers kunnen met behulp van de drie gememoreerde theorieën verklaard worden. Wat de eerste theorie betreft, ligt voor afstanden boven circa 700 km het turbulentiegebied dat bijdraagt aan de scatter propagation, boven de troposfeer. Metingen met refractometers in vliegtuigen beperken zich tot een hoogte van circa 7 km; dit is nog niet tot de bovenkant van de troposfeer. Extrapolatie van de gemeten waarden kan veldsterkten welke tot op een afstand van 1000 km worden waargenomen, niet verklaren. Dit heeft geleid tot een verder onderzoek van de mogelijkheden die de stratosfeer biedt. In de stratosfeer nemen Booker en Gordon een temperatuurgradient aan verschillend van die behorend bij een juist stabiele toestand (de zg. adiabatische temperatuurgradient). In deze laatste toestand hebben zich verplaatsende luchtbellen op ieder ogenblik de temperatuur van de omgeving wanneer men aanneemt dat de veranderingen binnen de bel adiabatisch geschieden. Ook hier kan men de „mixing-in-gradient"-hypothese toepassen. De lucht bevat hier echter geen waterdamp zoals dat in de troposfeer het geval is.

Het verschil tussen de werkelijke en de adiabatische temperatuur-gradient is, zoals berekening heeft aangetoond, in de stratosfeer voldoende groot om turbulenties te veroorzaken die de gemeten veldsterkten kunnen verklaren.

De op theoretische wijze berekende verandering van de luchtdichtheid als functie van de hoogte is in overeenstemming met de verandering gemeten met behulp van rockets die de stratosfeer passeerden. De turbulenties berekend met behulp van de „mixing-in-gradient"-hypothese geven waarden van de veldsterkte die de toepassing van deze hypothese ook voor de stratosfeer rechtvaardigen.

Een andere wijze waarop de verbinding op deze grote afstanden verklaard kan worden, geschiedt door toepassing van de tweede bovengenoemde theorie, welke tot partiële reflecties leidt. Ook in Engeland zijn interessante onderzoekingen in verband hiermede gedaan. Het betrof hier een verbinding op 63,25 MHz. Over een afstand van circa 500 km was, voor een groot percentage van de tijd, de fading niet zo groot als bij een voortplantingstheorie, uitsluitend op het turbulentieproces gebaseerd, verwacht zou moeten worden. Alleen gedurende zware depressies neemt het signaal een karakter aan dat met deze laatste theorie overeenstemt; een vlugge fading van ongeveer 10 dB werd waargenomen. Tijdens een intensieve anticyclonale toestand was het signaal hoger dan normaal met een zeer langzame fading-periode van ca. 20 minuten, maar met een fadingdiepte van ca. 30 dB.

Voor het grootste deel van de tijd echter vertoont het veld het karakter van de combinatie van reflectie en scatter propagation. De reflecties kunnen plaats vinden op veel geringer hoogten dan waar de ruimten zich bevinden welke als bron voor het turbulentie-proces dienen. Door enkele reflecties in successie bereikt het signaal de ontvanger langs een kortere weg dan in het geval waarin de voortplanting door turbulentie optreedt. Een argument dat een sterke steun aan de reflectie-hypothese geeft, is de omstandigheid dat de looptijd van de signalen bij de in Engeland beschreven proefnemingen beter verklaard werd door een kortere weglengte.

Opgemerkt wordt ten slotte dat bij het laatst besproken experiment van tijd tot tijd zeer hoge veldsterkten optraden welke als regel korter dan een seconde duren. De veldsterkte stijgt soms tot 40 dB boven de mediane waarde. Aangenomen wordt dat een dergelijke hoge waarde het gevolg is van reflecties tegen de electronenwolk in een meteoorspoor in de *E*- laag van de ionosfeer.

Samenvattend kan men opmerken dat het nog niet gelukt is een theorie te ontwikkelen waardoor alle verschijnselen volledig verklaard kunnen worden; in sommige gevallen heeft men met een beschrijving van waarnemingen moeten volstaan.

Radio en meteorologie. Volgens de zo belangrijk gebleken „mixing-in-gradient"-hypothese moet een nauwe correlatie bestaan tussen de gradient van de brekingsindex en de turbulentie. Meteorologische waarnemingen van de brekingsindex kunnen dus tevens leiden tot voorspellingen betreffende de door de turbulentie bepaalde „scatter propagation". De andere genoemde mogelijkheden van voortplanting over grote afstanden, zoals die door reflecterende lagen, hebben een nog meer rechtstreeks verband met meteorologische waarnemingen. Uit de laatste heeft men vooral getracht een onderlinge afhankelijkheid op te sporen tussen waarnemingen van de brekingsindex op de grond en die in de lucht (zoals deze in een vliegtuig wordt gemeten of uit de waarnemingen met een radiosonde wordt afgeleid). Hierdoor is het mogelijk voorspellingen te doen betreffende de te verwachten veldverzwakkingen voor een bepaalde frequentie en afstand, aangaande de vorm en het karakter van de fading, het verlies in antennegain en de toelaatbare bandbreedte. Voortgezette onderzoekingen hebben zelfs aangetoond dat er een bruikbare correlatie bestaat tussen het maandelijks gemiddelde van de VHF „transmission loss" en de waarde van de brekingsindex zoals deze aan het aardoppervlak wordt gemeten. De ervaring is hier gebaseerd op de resultaten over een honderdtal verbindingen verkregen. De correlatie is bestudeerd als functie van afstand, frequentie en klimaat. Men overweegt ook deze correlatie voor voorspellingen te gaan gebruiken.

J. HOUTSMULLER

COMMISSIE III. VOORTPLANTING IN DE IONOSFEER

Voorzitter: Dr. D. F. Martyn (Australië)

De eerste vergaderingen van deze commissie werden besteed aan verslagen

van verschillende subcommissies, voor „publication of ionospheric results", voor „high latitude research", voor „world wide soundings", voor „travel times of signals", en voor „Ursigrams". Niet alle commissies kwamen met een rapport voor de dag en verder was niet alles even belangrijk voor de lezers van dit tijdschrift, zodat hier zal worden volstaan met een aantal losse opmerkingen. Speciale vergaderingen werden gewijd aan de structuur van de lagere ionosfeer, aan het verschijnsel van „whistlers" en „dawn-chorus", en aan ionosfeeronderzoek door middel van vuurpijlen.

1. Absorptiemetingen

Tijdens het Geofysische Jaar zijn 167 peilstations in bedrijf, waarvan 33 in het noordpoolgebied en 17 in het zuidpoolgebied; er zijn 75 stations die de absorptie in de ionosfeer meten. De twee methoden die gevolgd kunnen worden voor het meten van de absorptie werden in dit tijdschrift [1]) reeds uiteengezet. Men kan gebruik maken van enkelvoudige reflecties tegen een van de ionosferische lagen (waarbij de kennis van de apparatuur-constanten noodzakelijk is), of men meet de verhouding van de sterkte van meervoudige reflecties (hierbij is het niet nodig het zendvermogen enz. te kennen). Een vergelijking heeft geleerd dat de eerstgenoemde methode tot systematische fouten kan leiden. Overdag is de absorptie in het algemeen zo groot dat meervoudige reflecties alleen verschijnen tijdens focusserende toestanden in de ionosfeer, maar dan geldt de theorie die bij de absorptiemetingen wordt gebruikt, niet meer. Principiëel is daarom de methode van enkelvoudige reflecties beter. [2])

2. Structuur van de lagere ionosfeer

Terwijl in de regel op een hoogte van 100 km alleen de *E*-laag aanwezig is, zijn er ook dagen waarop de lagere ionosfeer een gedetailleerde structuur vertoont, met extra lagen op bv. 70, 80, 90 km en andere hoogten. Dit is typisch voor de winter en deze toestand komt dagen achtereen voor. Vaak zijn er snelle variaties in deze structuur. De oorzaak van het verschijnsel is nog onbekend.

3. Driftmetingen

Tussen 60 km en 80 km hoogte bevindt de ionosfeer zich in een toestand van sterke horizontale turbulentie. Daardoor ontstaat een ingewikkeld windveld, dat afhankelijk is van de hoogte en in de loop van de dag sterk variëert. Metingen kunnen worden verricht door de fading van signalen te bestuderen die in verschillende ontvangers in een driehoekopstelling worden geregistreerd. Visueel kan de windrichting op deze grote hoogte worden afgeleid uit het verwaaien van meteoorsporen of van rooksporen uit vuurpijlen. Veel meer metingen zullen nodig zijn om een goed inzicht te krijgen in het sterk gelaagde windveld in het niveau van 80 tot 100 km.

4. Whistlers en dawn-chorus

Hierover werd een vergadering gehouden samen met Commissies IV en V. Voor het verslag hiervan wordt verwezen naar het verslag van Commissie IV.

5. Vuurpijlmetingen

Veel van wat wij weten over de hoogste luchtlagen is te danken aan onderzoek door middel van vuurpijlen. Behalve metingen van de druk, de temperatuur en de dichtheid van de dampkringgassen kan men ook de spectrale verdeling van het zonlicht meten. Eenmaal is het gelukt spectroscopische opnamen te maken tot grote hoogte, daarna is deze methode achtmaal mislukt. Omdat bij iedere mislukking kostbare spectrografen verloren gingen, is men overgegaan tot een meer bedrijfszekere methode; het zonlicht wordt nu gefilterd in verschillende gebieden

---

[1]) C. J. van Daatselaar, Ionosferische absorptiewaarnemingen op het KNMI, Tijdschr. Ned. Radiogenootschap, 21, no. 2, 49—64, 1956.

[2]) Deze methode wordt bij de dagelijkse metingen op het KNMI gevolgd.

en foto-elektrisch of met fotonentellers gemeten, en tijdens de opstijging naar de aarde uitgeseind. Er komen grote verschillen voor de dag tussen metingen volgens verschillende methoden, zodat de interpretatie van de metingen moeilijk is. Ondertussen is het wel zeker geworden dat tijdens zonnevlammen een sterke röntgenstraling wordt uitgezonden, die de *D*-laag intensiveert zonder veel verandering te brengen in de *E*-laag. Een directe waarneming van de ionisatie is tijdens de opstijging van vuurpijlen mogelijk door de groepsnelheid van uitgezonden langgolvige signalen te vergelijken met gelijktijdig uitgezonden korte golven. Ook uit dit onderzoek blijkt dat op sommige dagen het *E*-gebied uit veel lagen is opgebouwd, terwijl op andere dagen de ionosfeer meer homogeen is.

J. VELDKAMP

COMMISSIE IV. ATMOSFERISCHE STORINGEN

Voorzitter: J. A. Ratcliffe (United Kingdom)

Deze commissie hield zeven vergaderingen en een gecombineerde vergadering met commissies III en V alle onder voorzitterschap van Ratcliffe.

Tezamen met III en V werd gesproken over de fluitende atmosferische storingen of „whistlers". Het gaat hier om zeer laagfrequente radiostoringen in het hoorbare gebied. Beginnend boven de gehoorgrens daalt de frequentie eerst snel, dan langzamer en gaat door enige octaven in 1 of 2 seconden. Storey [1]) heeft reeds in 1953 de theorie van dit verschijnsel gegeven, nadat Barkhausen en Eckersley de formule voor de dispersie hadden opgesteld als functie van de tijd na de plotselinge atmosferische storing die de fluittoon veroorzaakt. Het gaat hier om een storing die zich langs magnetische krachtlijnen door de exosfeer voortplant, bij de equator ongeveer een afstand van twee aardstralen van het aardoppervlak heeft, en het magnetisch geconjugeerde punt bereikt, om daar gereflecteerd te worden. Proeven van Allcock over de sterke correlatie tussen whistlers in Alaska en Nieuw-Zeeland hebben de theorie fraai bevestigd. De geringe verzwakking wijst op voortplanting in een kanaal; vermoedelijk heeft de exosfeer — althans op sommige dagen — een draderige structuur, waarbij kanalen aanwezig zijn met grotere ionisatie (en kleinere voortplantingssnelheid) dan daarbuiten. Men verklaart dit door de inval van corpusculaire zonnestraling in de exosfeer, die een plaatselijk verhoogde ionisatie langs de krachtlijnen van het aardmagneetveld veroorzaakt. Uit de dispersiekromme en de looptijden kan men schattingen maken van de electronendichtheid langs de baan van de whistlers en men komt langs deze weg op bedragen van 10^2 tot 10^3 electronen per cm^3 in de exosfeer. In sommige gevallen constateerde men bij opeenvolgende echos een versterking van de signalen. Men denkt hierbij aan koppeling van een voortlopende golf met bewegende deeltjes als in een „travelling-wave tube".

Fuchs merkte op dat deze fluittonen al ca. 1890 in Oostenrijk werden beschreven, maar destijds nog niet de aandacht trokken die ze verdienden. Tegenwoordig neemt men ze o.a. waar in Frankrijk, Japan, Engeland, Duitsland en de Verenigde Staten. Naast de beschreven fluittonen zijn er die eerst dalen en dan weer stijgen in frequentie of ook alleen stijgen. In het „dageraadskoor" treft men een groot aantal dalende en stijgende tonen gemengd met ruisende bijgeluiden. Dit verschijnsel is nauw verbonden met magnetische storingen. Mogelijk is niet een atmosferische storing de oorzaak maar een storing in de exosfeer bijv. vanuit de zon. Het „dageraadskoor" treft men ook wel 's middags. In punten op 600 km afstand trad het vrijwel gelijktijdig op. Men heeft de wijze van voortplanting der „whistlers" ook al gebruikt om signalen over te brengen. Pulsen uitgezonden in Annapolis werden bij Kaap Hoorn ontvangen.

Aanbevolen werd om over al deze laagfrequente storingen voor de volgende U.R.S.I. vergadering een symposium te houden en voorts om de nomenclatuur nauwkeuriger te definiëren.

In andere vergaderingen werd gesproken over de golfvorm van atmosferische storingen, hun verband met de karakteristiek van de ontlading, en met de voortplantingsomstandigheden. Op dit gebied waren er bijdragen van Kimpara en Kitagawa (Japan), Norinder (Zweden), Tantry (India), Newman (Ver. Staten),

---

[1]) „An investigation of whistling atmospherics" L. R. O. Storey, Phil. Trans. Royal Soc. A 246, 1953.

Chapman en Pierce (Engeland). De meningen over de interpretatie der registraties waren nogal verdeeld, en daarom werd aanbevolen dat de U.R.S.I. financiële hulp zou verlenen bij de internationale uitwisseling van gegevens hieromtrent. Het is moeilijk in kort bestek de verschillende standpunten weer te geven. In de Proc. I.R.E. van juni en oktober 1957 vindt men bijdragen en overzichtsartikelen hierover.

Een vergadering werd gewijd aan de meting en beschrijving van atmosferische radiostoringen en de interferentie met radiodiensten. Hiervoor werd eerder een werkgroep ingesteld, namens welke Chrichlow (Ver. Staten) een overzicht gaf. De bedoeling was te onderzoeken met welk signaal bij bestaande overdrachtssystemen een voldoende overdracht bereikt wordt, en of men evt. nieuwe systemen kan bedenken die minder last van atmosferische storingen hebben, omdat met de karakteristieke eigenschappen ervan bij de conceptie reeds rekening is gehouden. Behalve de Ver. Staten waren Japan, Engeland, Frankrijk en Zuid-Afrika lid van de werkgroep. Men is het er nu wel over eens dat de volledige amplitudedistributie gemeten moet worden om de statistische eigenschappen te karakteriseren. Deze amplitudedistributie verandert van uur tot uur in niveau en in vorm. In Florida voldeed de verdeling van de amplitude aan de lognormale distributie, maar bij het National Bureau of Standards vond men hiervan duidelijke afwijkingen, en bij lage amplitudes een Rayleighverdeling. Ook in Japan vindt men een overgang van de Rayleigh naar de lognormale distributie. Fortet (Frankrijk) maakte erop attent dat de lognormale distributie optreedt bij willekeurige multiplicatieve effecten afkomstig van een groot aantal willekeurige oorzaken. Van Engelse zijde werd een empirische verdeling aangegeven:

$$Q(V) = \left\{ 1 + \left(\frac{2\,V}{\bar{V}} \right)^{q} \right\}^{-1}$$

met q = 1,5 bij 10 kc/s, wat groter bij 25 kc/s. Q (V) is het percentage van de tijd dat de omhullende groter dan V is.

Bij het National Bureau of Standards kan men de gehele distributie behoorlijk reconstrueren uit empirische relaties met de gemeten waarde van de gemiddelde energie, gemiddelde spanning van de omhullende en gemiddelde logaritme van de spanning van de omhullende. Tot dusver gaan de atmosferische storingsgegevens van de C.C.I.R. uit van het gemiddeld niveau telkens over 4 uur, gedurende 3 maanden. Bij de metingen die het National Bureau of Standards (op gegevens waarvan C.C.I.R. rapport 65 grotendeels is gebaseerd) nu op talrijke plaatsen gaat doen zullen telkens 3 momenten worden gemeten. Daarnaast zal men op enkele plaatsen de gehele distributie blijven meten.

Zowel in Florida als bij het National Bureau of Standards heeft men de correlatie tussen de aantallen fouten bij informatie-overdracht en de voorspelde waarde daarvan uit de gemeten grootte van de atmosferische storingen nagegaan. Watt (N.B.S.) kwam daarbij tot een nauwkeurigheid van 1 db, maar hij ging dan wel uit van de gehele gemeten amplitudeverdeling en niet van enkele karakteristieke gegevens.

Algemeen beveelt men toepassing van telbuis-technieken aan. Nuttige metingen zijn b.v. ook: het aantal malen dat de omhullende een bepaald niveau passeert; de tijd tussen twee pulsen; de verhouding tussen effectieve en gemiddelde waarde.

De spanning is voor smalle banden ($\leq$ 300 c/s) ongeveer evenredig met de wortel uit de bandbreedte, daarboven met de derde of vierde machtswortel. Men heeft geen storingsmeter gespecificeerd, maar het werken met zgn. quasi-piek instrumenten heeft het nadeel dat het verband met de amplitudedistributie niet zo duidelijk is. In vele landen wordt nog volgens de subjectieve methode (Thomas) gemeten, waarbij de signaalsterkte bepaald wordt die een telegrafiesignaal nodig heeft voor een bepaalde marge aan fouten. Op allerlei plaatsen meet men ook de aankomstrichting der storende impulsen, wat bij gebruik van gerichte ontvangst van belang is.

Uit de gegevens die tijdens het geofysische jaar verzameld zullen worden, hoopt men tot nauwkeuriger statistische data te komen. Voor predictie van de toestand van een bepaalde radioverbinding zal men daarnaast de laatste gegevens over de meteorologische condities en de voortplantingscondities in de gebieden welke van belang zijn, benutten.

De conclusies van de werkgroep zullen aan de C.C.I.R. worden overgebracht. Een nieuwe werkgroep zal het rapport en evt. nieuwe gegevens nog eens doornemen, met het doel te komen tot publicatie als U.R.S.I. Special Report.

Een vergadering werd gehouden over het internationale geofysische jaar. De nationale vertegenwoordigers vertelden wat ieder land ging doen. Bij de discussie bleek dat vele radio-astronomische laboratoria metingen op het gebied van de atmosferische storingen doen, en derhalve werd in een aanbeveling de Internationale Astronomische Unie verzocht deze metingen algemeen verkrijgbaar te maken.

F. L. STUMPERS

COMMISSIE V. RADIO-ASTRONOMIE

Voorzitter: M. Laffineur (Frankrijk)

De radiosterrekunde is nog steeds in een snelle ontwikkeling, zoals ook deze bijeenkomst weer toonde. Het aantal bijdragen was evenals de vorige malen weer zeer groot, wat er evenals de vorige malen toe leidde dat de zittingen in hoofdzaak bestonden uit korte mededelingen en er vaak zeer weinig tijd voor discussie beschikbaar was. Toch was het aantal nieuwe verrassende ontwikkelingen kleiner dan de vorige malen, wat wel zijn oorzaak vindt in het feit dat de radiosterrekunde zich na de stormachtige beginperiode van de eerste tien jaren juist aan het begin van een nieuwe periode bevindt, die wordt ingeluid door het gereedkomen van de eerste grote radiotelescopen, zoals die te Manchester, Bonn en Dwingeloo, waardoor onderzoekingen kunnen worden gedaan met een veel groter oplossend vermogen dan tot dusverre.

Gezien het grote aantal besproken onderwerpen en het grote aantal bijdragen moet het verslag wel beperkt blijven tot een kort overzicht van de belangrijkste bijdragen, en zal het dus in vele opzichten onvolledig zijn.

De beide eerste zittingen waren gewijd aan de technische kant van de radiosterrekunde; er werd gesproken over grote radiotelescopen van allerlei typen en over ontvangertechniek. Naast de drie bovengenoemde parabolische antennes, waarvan die in Manchester de grootste is met een diameter van 75 meter, zagen we dat er, vooral in de Verenigde Staten, een aantal antennes met diameters van ca 25 meter in aanbouw is, terwijl er vergevorderde plannen zijn voor een 40 meter parabolische antenne. Australië hoopt over enige jaren ook een grote antenne met een diameter tussen de veertig en zeventig meter te hebben. Intussen gebruikt men daar voor waarnemingen op metergolflengtes reeds enige jaren de zg. kruisantenne, die bestaat uit twee in een kruis opgestelde dipoolarrays van enige honderden meters lengte. Door alleen het gecorreleerde deel van de door beide arrays ontvangen straling te registreren, verkrijgt men met deze opstelling een pencilbeam met een bundelbreedte van minder dan een graad op 85 MHz! Ook in andere landen wordt dit antennetype nu gebruikt, o.a. in Rusland. Christiansen heeft in Australië een dergelijke kruisantenne gebouwd waarbij de beide arrays elk uit een rij van 32 parabolische reflectoren van ca. 6 meter diameter bestaan. Het antennepatroon van dit systeem, dat op ca. 21 cm werkt, bestaat uit een net van pencilbeams met een bundelbreedte van 0,05°, die onderling ca. 1° uit elkaar liggen. Het systeem wordt voor het meten van de helderheidsverdeling over de zonneschijf gebruikt. Een dergelijk systeem voor 9 cm wordt door Bracewell in de V.S. gebouwd. Behalve de bovenstaande pencilbeamantennes vinden we nog verschillende lange antennes, waarmee een kleine bundelbreedte in één dimensie wordt verkregen, hetzij bestaand uit een parabolische cylinder, of uit een aantal aparte parabolische antennes op een rij. Hewish tenslotte vertelde over de synthese-methode, waarmee men in Cambridge wil trachten met behulp van een electronische rekenmachine uit de waarnemingen met een verplaatsbaar interferometersysteem de helderheidsverdeling aan de hemelbol gemeten met een pencilbeam van 1° bundelbreedte op 7,9 meter af te leiden. Bij deze bundelbreedte hoort een apertuurvlak van ca. 500 bij 500 meter en men krijgt de pencilbeamwaarneming uit de (vectoriële) som van de waarnemingen met de kleine verplaatsbare antennes over dit gehele apertuurvlak. Gelukkig kan dit waarnemingsschema nogal wat vereenvoudigd worden. Het zal moeten blijken of dit systeem in de praktijk bruikbaar is.

Het belangrijkste nieuws op het gebied van ontvangertechniek was wel de ont-

wikkeling door Ewen in de V.S. van een 3 cm ontvanger, waarmee antennetemperatuurverschillen van enige 0,01° K waarneembaar blijken te zijn. Hij gebruikt hiervoor een drietraps rechtuit ontvanger, dus zonder menging, uitgevoerd met drie lopende-golfbuizen, met een bandbreedte van 1000 MHz. Met een tijdconstante van enige minuten en een ruisgetal van ca. 12 db is de effectieve waarde van de ruisfluctuaties op de registratie ca. 0,01° K. De benodigde stabiliteit bereikt hij door toepassing van een vergelijkmethode, waarbij met een ferrietschakelaar voortdurend wordt omgeschakeld tussen antenne en vergelijkruisbron en waarbij aan de antenne zoveel ruis wordt toegevoegd dat de ruistemperaturen van antenne en ruisbron vrijwel gelijk zijn, en verder door toepassing van isolators in het hoogfrequentgedeelte. Door de frequentieband buiten de radarbanden te kiezen werd ondanks de enorme bandbreedte weinig last van storingen ondervonden.

Een deel van de eerste zitting was nog gewijd aan het in hoofdzaak op het vlak der techniek liggende probleem van de absolute ijking van de intensiteit van de straling, waarover Seeger als voorzitter van de subcommissie voor absolute ijking rapporteerde. Hoewel voortgang is gemaakt op dit zo belangrijke gebied, is de toestand nog niet erg bevredigend en het spectrum van de sterke puntbron in Cassiopeia is nog steeds onzeker door de onverklaarbaar grote spreiding in de door verschillende waarnemers gegeven waarden.

De belangrijkste resultaten van de zitting die aan de zon was gewijd, waren de metingen van de helderheidsverdeling over de zonneschijf en de spectrografische waarnemingen. De eerste waarnemingen van Christiansen met zijn kruisantenne gaven fraai de ligging van de gebiedjes met verhoogde intensiteit, die, wanneer ze aan de rand van de zon worden waargenomen, een vrij geringe dikte lijken te hebben. De eerste metingen van Blum en Denisse met een uit een rij parabolen bestaande interferometer op 168 MHz tonen aan dat er naast de gewone met de tijd veranderende burst ook plaatselijk een andere intense straling kan optreden, die maar langzaam met de tijd verandert; gezien de grote intensiteit werd hierbij aan het optreden van synchrotronstraling gedacht. Maxwell sprak over de eerste resultaten met een Amerikaanse zonnespectograaf volgens Wild, die waarneemt tot 500 MHz. Nog steeds is er wat het zonnewerk betreft een grote rijkdom aan grillige verschijnselen, waarvan men wel wat begrijpt, maar het lijkt erg moeilijk verder te komen.

De daarop volgende zitting was gewijd aan puntbronnen. Zeer belangrijk was de ontdekking dat de radiostraling van de Krabnevel op 3 cm een polarisatie van ca. 7 % vertoont volgens de metingen van Mayer (V.S.), zoals ook op grond van de synchrotrontheorie van de straling van de Krabnevel werd verwacht. De controverse tussen de puntbronmetingen van de Cambridge-groep, die met een grote interferometer werkten en in Den Haag ca. 1750 puntbronnen rapporteerden, en de Australische metingen met een kruisantenne, waarbij de beide puntbronkaarten in de overlappende gedeelten vrijwel geen overeenkomst vertoonden, lijkt voorlopig ten gunste van de Australische metingen te worden beslist nu de Engelsen toegaven dat interferentie van puntbronnen in de registratie een erger effect kon zijn dan men aanvankelijk had gedacht, maar het laatste woord is hierover nog niet gezegd. Raadselachtig blijft de grote afmetingen van de puntbron in Cygnus, die volgens Hanbury Brown ca. 1,5 boogminuut bedraagt en bestaat uit twee afzonderlijke bronnen op 1,4 boogminuten van elkaar verwijderd, terwijl de bron optisch als een uiterst klein nevelvlekje is waar te nemen met de 200 inch kijker, waarvan het spectrum wijst op een botsing tussen twee spiraalnevels. Deze vrij grote afmetingen werden bevestigd door Franse interferometermetingen. Nederlandse bijdragen in deze zittingen betroffen occultatiemetingen van de Krabnevel en metingen van de continuumstraling van de Andromedanevel, de grote spiraalnevel die zeer waarschijnlijk veel lijkt op de Melkweg.

De voornaamste Nederlandse bijdragen kwamen verder in de daarop volgende zitting over de structuur van het Melkwegstelsel en andere spiraalnevels. Na de onderzoekingen met behulp van de 21 cm spectraallijn van de interstellaire waterstof over de spiraalstructuur van ons Melkwegstelsel, waarover in Den Haag uitvoerig werd gerapporteerd, konden nu uitvoerige metingen over de structuur van de Andromedanevel worden besproken, die een beter beeld van de bewegingen in dit stelsel gaven dan optisch bereikt was. Bovendien bleek de nevel zich verder uit te strekken dan uit optische metingen verwacht werd,

langs de lange as van het elliptische beeld van de nevel tot 2,5° aan weerskanten van het centrum. Heeschen (V.S.) sprak over waarnemingen van 21 cm straling uit verschillende clusters van melkwegen, zoals de Comacluster, waarbij tengevolge van de roodverschuiving de straling op sterk afwijkende frequenties wordt waargenomen, bijv. op 1385 MHz in plaats van op de rustfrequentie 1420 MHz. Deze metingen lijken nog vrij onzeker, maar zouden, indien juist, van bijzonder grote betekenis zijn, omdat het dan mogelijk moet zijn waterstofstraling van zeer ver weggelegen groepen van melkwegen waar te nemen, wellicht verder dan optisch bereikbaar is!

Melkwegwaarnemingen kwamen van verschillende kanten. Zo kon door gelijktijdige projectie van twee isophotenkaartjes van het gebied rond het galactische centrum, het ene afkomstig van metingen met de Australische kruisantenne, het andere uit Dwingeloo van metingen op 22 cm en beide waargenomen met een bundelbreedte van ca. 0,6°, een indruk worden verkregen van de absorptie door geïoniseerde waterstofwolken, die op 3,5 meter zeer sterk is en op 22 cm verwaarloosbaar. Zo zien we het centrum, dat op 22 cm helder afsteekt tegen de omgeving, op 3,5 meter juist als een donkere plek! Van groot belang zijn ook de waarnemingen van absorptie van de straling van het centrum in een daar in de buurt, tussen het centrum en ons in, liggende spiraalarm, waaruit volgt dat deze arm zich met vrij grote snelheid, ca 40 km/s, van het centrum afbeweegt. Deze Dwingelose waarnemingen kunnen van grote betekenis zijn voor het onderzoek van het bewegingsmechanisme van het Melkwegstelsel. Belangrijk lijken ook de door Menon gerapporteerde metingen van de Harvardgroep aan verschillende associaties, groepen van bij elkaar horende sterren, waaromheen zich een expanderende schil van waterstof lijkt te bevinden die nog niet eerder werd waargenomen.

Dat een volledige zitting gewijd kon worden aan de maan, de planeten en de kometen wijst wel op een belangrijke vooruitgang op dit gebied. Indrukwekkend waren de resultaten van radarwaarnemingen van de maan. Korte (12 microsec) pulsen werden op 300 MHz met 1 megawatt piekvermogen uitgezonden uit een vaste parabool van ca. 70 bij 80 meter en kwamen zo weinig vervormd terug dat de reflectie alleen kan komen van het uiterste voorvlakje van de maan, terwijl van de rest van de maan vrijwel niets teruggekaatst wordt. Deze geringe vervorming betekende dat ook een gemoduleerde draaggolf weinig vervormd terug zal komen en Trexler kon ons op de band opgenomen spraak laten horen die de reis naar de maan heen en weer had gemaakt en zeer goed verstaanbaar was. Yabley, eveneens van het Naval Research Laboratory, vulde deze metingen aan met 3 cm waarnemingen, gedaan met radar in de 15 meter radiotelescoop. Van de planeet Jupiter wisten we reeds dat er onweersachtige radioruis was waargenomen, maar nieuw was de waarneming van de thermische radiostraling van verschillende andere planeten. Mayer meldde waarnemingen van Mars, Venus en Jupiter op een golflengte van 3 cm, terwijl Drake uit waarnemingen met de reeds genoemde ontvanger van Ewen hier nog Saturnus aan toe kon voegen. De hieruit bepaalde temperaturen van de planeten variëren van ca. 600° K voor Venus tot ca. 200° K voor Jupiter en Saturnus. Erg bevredigend lijken deze temperaturen nog niet en de onzekerheid erin lijkt vrij groot, gezien de verschillen in temperaturen tussen beide waarnemingsreeksen. Veel onzekerder nog lijken de radiowaarnemingen van de komeet Arend-Roland die door Becker (Duitsland) en Coutrez (België) werden gemeld. Becker meent op één dag gedurende een kwartier straling van de komeet te hebben waargenomen op 21 cm, terwijl Coutrez waarnemingen op verschillende dagen meldt, eveneens van korte duur, op 600 MHz. Een groot aantal andere waarnemers heeft op verschillende andere golflengtes de komeet langdurig gevolgd zonder iets van de komeet waar te nemen. Daar door niemand anders met dezelfde golflengtes werd waargenomen, is bevestiging of ontkenning dat de straling van de komeet kwam, niet mogelijk.

Deelgenomen werd verder aan de met andere commissies gecombineerde zitting over de maser, die speciaal voor de radiosterrekunde van bijzonder groot belang kan worden, daar in vele gevallen op het ogenblik onze meetmogelijkheden worden beperkt uitsluitend door de eigenruis van onze ontvangers, vooral op de korte golflengtes beneden ca. 1 meter. Dit belang werd dan ook namens commissie V door Bolton (V.S.) naar voren gebracht op deze zitting.

De deelname aan het werk van de commissie was groot, niet alleen vanuit de V.S. maar ook vanuit andere landen, zodat de meeste groepen die op het

gebied van de radiosterrekunde werken, goed vertegenwoordigd waren. Afgezien van de in het begin genoemde bezwaren dat veel te weinig discussie mogelijk was, kan op een goede bijeenkomst worden teruggezien.

C. A. MULLER

COMMISSIE VI. RADIOGOLVEN EN NETWERKEN

Voorzitter: Dr. S. Silver (U.S.A.)

De onderwerpen van deze commissie werden gesplitst in: VI-I Informatietheorie, VI-2 Netwerktheorie, VI-3 Golfproblemen.

Subcommissie VI-1

Prof. Van der Pol leidde de werkzaamheden van VI-1. In drie zittingen werden in hoofdzaak behandeld: 1. Ruisproblemen. 2. Eigenschappen van transmissiekanalen. 3. Spectrale analyse. In het begin werden twee subcommissies gevormd. De ene onder voorzitterschap van Loeb besprak de redactie van een U.R.S.I. monografie over teletypesystemen waarbij de symbolen door frequentieverschuiving worden gekarakteriseerd terwijl meerdere kanalen in serie gebruikt kunnen worden en de invloed van fading in rekening wordt gebracht. Men hoopt op deze wijze de begrippen van de communicatietheorie beter in de interessesfeer van de practische ingenieur te kunnen brengen. De tweede onder voorzitterschap van Stumpers besprak de C.C.I.R. vragen en rapporten op het gebied van communicatietheorie. De commissie bracht een rapport uit waarin een overzicht werd gegeven van de literatuur op dit gebied.

In de eerste zitting besprak Spencer het werk van de commissie voor microgolftechniek en informatietheorie. De analogie tussen de ruimtelijke Fourier-analyse van de optiek en de analyse in de tijd van de communicatietheorie werd besproken aan de hand van publicaties van Spencer, Wolf en Zucker. Blanc Lapierre besprak de analogie tussen ruisproblemen en de korreligheid bij de fotografische afbeelding. Loeb gaf daarna nog enkele eenvoudige vergelijkingen voor cascadeschakeling van binaire transmissiekanalen.

In de tweede zitting werden eigenschappen van transmissiekanalen, en daarmee verband houdende coderingsproblemen besproken. Stumpers gaf een analyse van een aantal verschillende systemen voorgesteld voor verreschrijvers met radioverbindingen, speciaal ook wanneer een terugvraagmogelijkheid bestaat. Hij gaf ook een model dat met de correlatie tussen opvolgende fouten rekening hield. In de discussie merkte Van Duuren echter op dat bij dit model nog niet de verhouding tussen dubbele en enkele transpositiefouten wordt bereikt zoals die experimenteel wordt gevonden. De twee bijdragen van Muroga over kanaalcapaciteit werden door Takahasi voorgedragen. Hierin werden zowel discrete en continue kanalen, welke door een Markov proces met multipele toestandsdiagrammen worden beschreven, als continue kanalen met additieve ruis doorgerekend. Takahasi refereerde ook een bijdrage van Mine over de toepassing van compressie en expansie voor betere aanpassing van een boodschap aan een transmissiekanaal. Vervolgens gaf Blachman een overzicht van zijn drie bijdragen over de problemen welke zich voordoen, wanneer uitzendingen opzettelijk gestoord worden. Men kan hier speltheorie toepassen. Voor de overzender van informatie is de vraag: hoe kan ik, bijv. door redundantie, zorgen dat nog zoveel mogelijk informatie de andere zijde bereikt? Voor de stoorder is de vraag: welk type storing hindert het meeste? Beiden kunnen hun strategie nog variëren naar de waargenomen storing, resp. uitzending. — Een van de interessantste voordrachten werd daarna fraai voorgedragen door Green, die mede namens Price een communicatiesysteem discussieerde waarbij automatisch voor „multi-path" ontvangst (waarbij interferentie optreedt omdat het signaal de ontvanger langs verschillende wegen met klein tijdverschil bereikt) wordt gecorrigeerd. De ionosfeer wordt met korte pulsen doorgemeten, en het verschil in aankomst-tijd van signaal en echos bepaald. Men ontvangt het signaal nu via een groot aantal vertragingslijnen, en zorgt door de bijdrage van de juiste vertragingslijnen te versterken ervoor dat de diverse aankomende signalen in faze worden opgeteld. De ionosfeer wordt 1 of 2 x per seconde gemeten, daar de toestand toch niet sneller verandert. — Ilyin

gaf een bijdrage over een facsimile systeem met variërende aftastsnelheid. Hierover is in de literatuur reeds meer verschenen, maar dit is de eerste discussie van een practische toepassing die met succes werd uitgevoerd.

In de derde zitting gaf Siforov een discussie over de capaciteit van kanalen met willekeurige parameterfluctuaties. Bij langzame Rayleigh fading gaat de capaciteit 17% omlaag. Volgens Siforov zouden Shannon's ruisachtige signalen ook hier het beste zijn, wat Feinstein in de discussie bestreed. De berekening hangt van het mathematisch model, dat van het kanaal gemaakt wordt, af en in deze bijdrage kon men de details hiervan niet volgen. — Blanc-Lapierre besprak de definitie van momenteel energie spectrum, en de voor- en nadelen van in de literatuur voorkomende formuleringen hiervoor. De bijdrage van Deman over momentane spectra en signaalanalyse, die gebaseerd was op de theorie der analytische signalen, werd door Lochard voorgedragen. Deze gaf eveneens een overzicht van C.C.I.R. Rapport 38 over spectra van signalen, speciaal in verband met straling in de banden naast die waarvoor het signaal bestemd is. Hierbij merkte Silverman op dat men beter kan uitkomen dan het bekende bandbreedte-tijdsduurproduct wanneer het spectrum niet naar nul gaat bij frequentie nul. Hij kwam tot een product van ca. ¼. — Een bijdrage van Gouriet over de definitie van groep-looptijd gaat uit van de opmerking dat de logaritmische stijging van de amplitude en de groeplooptijd als reële en imaginaire delen van een complexe functie geschreven kunnen worden. Daaruit volgen de bekende Hilbert transformaties. Bell besprak in zijn bijdrage informatieverliezen in magnetische en andere registrerende systemen („storage"). De beide laatste bijdragen werden resp. door Stumpers en Burgess weergegeven. Tenslotte gaven de beide voorzitters der subcommissies een overzicht van de bereikte resultaten. Loeb hoopt over ca. een jaar een eerste redactie van de monografie gereed te hebben. Het rapport over de C.C.I.R.vragen werd goedgekeurd.

F. L. STUMPERS

Subcommissie VI-2

De subcommissie over netwerktheorie hield twee zittingen onder voorzitterschap van Prof. Tellegen. Deze had een overzicht over netwerktheorie geschreven om als uitgangspunt voor discussie te dienen. Dit leidde tot levendige gedachtenwisseling, in het bijzonder over de omschrijving van het terrein van de netwerktheorie. In het genoemde overzicht was het volgende voorgesteld:

> „Circuit theory is the theory of networks composed of black boxes characterized by relations between the currents and voltages at the terminals, which relations contain only time as independent variable, and contain neither space nor temperature coordinates".

Een discussie ontstond over het al of niet wenselijke om ook systemen opgebouwd uit een oneindig aantal elementen in de netwerktheorie toe te laten. Deze geven aanleiding tot transcendente netwerkfuncties, doch er werden geen redenen aanwezig geacht om deze uit te sluiten. Eindige delen van transmissielijnen kunnen ook als elementen van netwerken worden beschouwd. Silver sprak in dit verband als zijn mening uit dat het essentiële verschil tussen netwerktheorie en veldtheorie daarin is gelegen dat de aandacht in de netwerktheorie niet is gericht op het gehele veld doch uitsluitend op de variabelen die voorkomen bij de klemmen. Daarbij zal dan een lengteafmeting wel als parameter in de vergelijkingen kunnen blijven voorkomen. Ook de temperatuur kan als parameter optreden. Het werd daarom juister geacht in de bovengegeven omschrijving het woord „coordinates" te vervangen door „variables".

Zadeh bracht de wenselijkheid naar voren om ook schakelnetwerken tot de netwerktheorie te rekenen. Volgens Tellegen moet echter een kenmerk van de netwerktheorie wel zijn, dat deze zich bezig houdt met het energie-spel in de netwerken en niet met begrippen werkt die in de informatietheorie thuis horen.

Naast bovengenoemde algemene discussies werden enige afzonderlijke bijdragen besproken.

Takahasi besprak een bijdrage van hem en Goto over het parametron, een magnetische versterker opgebouwd uit ferrietspoelen met kleine verliezen welke geschikt is voor rekenmachines.

Zadeh besprak een stelling van Reza betreffende positieve reële functies. Indien

$$\frac{1 - Z_1}{1 + Z_1} \frac{1 - Z_2}{1 + Z_2} = \frac{1 - Z}{1 + Z}$$

en Z_1 en Z_2 zijn positieve reële functies, dan is Z ook positief reëel.

Marié gaf een overzicht van een binnenkort van zijn hand te verschijnen boek: „La théorie des biquadriondes et ses applications", waarin hij golfpijpen met 4 poorten behandelt, waarin 8 lopende golven kunnen worden onderscheiden. Door symmetrie-overwegingen kunnen de daarin voorkomende veldproblemen worden vereenvoudigd. De theorie kan op allerlei microgolf-elementen worden toegepast.

B. D. H. TELLEGEN

Subcommissie VI-3

Onder voorzitterschap van Prof. Jordan werden een aantal problemen in elektromagnetische theorie onderzocht. Chu behandelde de netwerktheorie als een benaderde oplossing van de Maxwell vergelijkingen bij ontwikkeling voor kleine ω. Of de gehele reeksontwikkeling convergent is werd door Marcuvitz betwijfeld en door Schelkunoff verdedigd. Van der Pol merkte op dat Brillouin reeds ca. 1932 een dergelijke ontwikkeling had gegeven, en aangetoond dat de 2e en 3e orde termen met straling overeenkwamen. Schelkunoff zei dat men daarvoor toch de gehele reeks zou moeten meenemen. Manneback had reeds ca. 1922 een ontwikkeling naar inschakelverschijnselen gegeven waarbij de eersteordeterm de straling geeft. Dit is analoog aan de ontwikkeling van velden volgens de Luneberg theorie, waarbij naar $1/\omega$ wordt ontwikkeld. Kline gaf hierover een uiteenzetting. Tellegen merkte op dat veel netwerkverschijnselen op een gecompliceerder wijze dan lineair van ω afhangen. Volgens Chu moet men dan als oplossing stellen $A(\omega) \Sigma (j\omega)^n E_n (x, y, z)$ waarbij $A(\omega)$ niet van x, y, z afhangt.

Wu gaf een exposé van zijn werk over de berekening van de verstrooiingsdoorsnede, waarbij de geometrisch optische benadering de nulde orde approximatie is. Verder wordt ontwikkeld naar de doorsnede. Dit zou gaan voor gladde convexe obstakels; als voorbeeld werd de cylinder behandeld. Schelkunoff gaf een uiteenzetting over approximaties tot de Maxwell vergelijkingen gebaseerd op de algemene telegraafvergelijkingen. Dr. Vainhstein gaf een exposé over de definitie van groepsnelheid in dispersieve media, waar men paradoxaal negatieve snelheden zou krijgen. Hetzelfde probleem is door Brillouin reeds in 1932 behandeld. Het was trouwens opmerkelijk hoe dikwijls de ouderen onder de deelnemers konden attenderen op klassieke artikelen, die aan de na-oorlogse generatie — bij gebrek aan leerboek verwijzingen — onbekend zijn gebleven. Friedman gaf nog een alternatieve afleiding van Vainhstein's resultaten, gebaseerd op de zadelpuntbenadering van de integraal voor een golfpakketje.

Chu gaf een uitvoerige voordracht over de veld- en krachtvergelijkingen in media op de basis van macroscopische elektrodynamica. Hij gaf een vergelijking tussen een systeem gebaseerd op E en H, en een op E en B. De laatste keuze leidt niet tot elegante relativistische transformatieformules, en geeft bovendien ongewenste oppervlakte-energiebronnen. Zijn keuze viel dus op E en H. Het gehoor werd door de argumenten niet overtuigd, wat ook wel aan tijdgebrek gelegen kan hebben.

De zitting over oppervlaktegolven werd ingeleid door Barlow (London). Naast Goubau's enkeldradige transmissielijn werd de holle huisvormige metalen golflijn besproken. Speciale aandacht werd besteed aan de gevolgen van discontinuïteiten, zoals knikpunten; door coating kan „guiding" langs bochten bevorderd en de daar anders optredende uitstraling beperkt worden. Bijzondere vormen, zoals de schroefantenne en de diëlektrische staafantenne, werden ook besproken; bij een critische diameter kan de „guiding" verloren gaan; de staaf wordt daarbij van capacitief tot inductief. Miller en Talanov bespraken de excitatie van oppervlaktegolven, hun eigenschappen en kwesties betreffende het stralingsdiagram van radiators gebaseerd op oppervlaktegolven. Brown gaf een overzicht van het werk aan oppervlaktegolven in Londen speciaal met betrekking tot de efficiency van antennes. Ook ging hij in op de Wiener-Hopf vergelijkingen die het effect van discontinuïteiten kunnen beschrijven. Van der Pol

discussieerde het transient probleem voor een straler in het vlak onderstelde scheidingsoppervlak tussen twee verschillende diëlectrica. Schelkunoff vond in de definitie van oppervlaktegolven een zekere slordigheid, want men gebruikt dezelfde term voor allerlei verschijnselen, waarvan hij zeven verschillende voorbeelden gaf; Bremmer merkte op dat in al dergelijke gevallen een twee-dimensionale golfvergelijking bestaat in het scheidingsoppervlak.

De zitting over strooiing en diffractie werd voorgezeten door Prof. Marcuvitz en ingeleid door Siegel. Deze behandelde benaderde oplossingen voor kleine dimensies (Rayleigh) en voor grote dimensies t.o.v. de golflengte. Hij gaf speciale aandacht aan terugstrooiing vanaf ellipsoïden, kegels en ringen. Weston behandelde speciaal de strooiing door een circulaire ring, waartoe hij de golffunctie in toroidale coördinaten had getransformeerd. Dit gaf een benaderde oplossing. Hallén merkte op dat de dunne torusantenne exact behandeld kan worden en relatief eenvoudig is. Morita behandelde de stroomverdeling op een rechthoekige plaat en de effectieve radaroppervlakte daarvan. Hij vergeleek experimentele resultaten met de theorie. Keller discussieerde benaderingen van de geometrisch-optische kant af voor ellipsoïden en kegels. Neugebauer behandelde dikke schermen uitlopend in halve cylinders direct met Huygens' principe. Vainhstein gaf een overzicht van Russische onderzoekingen teruggaand tot Fock en Leontovich. Kortgeleden heeft Upintself de strip, de cirkelvormige plaat en de eindige cylinder behandeld. Silver gaf een overzicht van experimenteel werk over strooiing door gebogen smalle oppervlakken van oneindige lengte. Tenslotte behandelde Twersky resonantieverschijnselen optredend bij de gezamenlijke strooiing door vele lichamen, die bijv. kunnen rusten op een plat vlak. Bij resonantie worden de gewone strooiingsbenaderingen, die koppeling verwaarlozen, onbetrouwbaar.

In het algemeen hadden de vergaderingen van commissie VI een levendig verloop met geanimeerde discussies, die zich maar nauwelijks binnen de voorziene tijdruimte lieten begrenzen.

F. L. STUMPERS

COMMISSIE VII. RADIO-ELEKTRONICA

Voorzitter: Dr. G. A. Woonton (Canada)

Commissie VII vergaderde in totaal zes keer.

Op de eerste zitting deed de internationale voorzitter, Prof. Woonton (Canada), voorstellen betreffende de procedure en werden verder zakelijke afspraken gemaakt.

De tweede zitting was gewijd aan trillingsverschijnselen in gasontladingen. Voorzitter was Prof. J. L. H. Jonker (Nederland). Inleider Prof. P. W. Allis (U.S.A.). Prof. Allis' inleiding kan als volgt worden samengevat:

Het eerst waargenomen trillingsverschijnsel in een gasontlading is de positieve kolom met stria, ofschoon het golfkarakter niet direct duidelijk was en pas is aangetoond door de waarnemingen van Donahue en Dicke. Elektronen plasmatrillingen werden het eerst voorgesteld door Langmuir en Tonks om de energieoverdracht aan een plasma te verklaren, die op andere wijze niet kon worden begrepen. Bohm gebruikt ze om de diffusie in een magnetisch veld te verklaren en Bohm en Gross stelden een theorie op voor hun ontstaan in een elektronenbundel. Overeenkomstige vergelijkingen als zij vonden, komen eveneens voor in de theorie der lopende-golfbuizen. Bij het experimenteel onderzoek van de theorie, waarbij een elektronenbundel door een plasma gestuurd werd, is gebleken dat de trillingen alleen in de omhullende laag optreden en versterkt kunnen worden door reflecties van de bundel aan een elektrode. Alleen Emeléus heeft zuivere plasma-trillingen waargenomen bij gebruik van een warme kathode. Trillingen in lagen zonder een elektronenbundel zijn waargenomen door Gabor, doch de theoretische verklaring van dit verschijnsel biedt nog moeilijkheden.

Na enige discussie gaven de volgende sprekers voordrachten of korte mededelingen over onderzoekingen gedaan in hun land of van eigen onderzoek.

K. G. Emeléus	(U.K.)	Trillingen in plasma's.
I. B. Bernstein	(U.S.A.)	Staande golven in plasma's.
W. A. Newcomb	(U.S.A.)	Plasma-trillingen in een magnetisch veld.

Y. Asami	(Japan)	Plasma-trillingen in een magnetisch veld.
A. Blanc-Lapierre	(Algerije)	Interferentie-verschijnselen in gasontladingen.
R. W. Gould	(U.S.A.)	Microgolfversterking in een plasma.
E. Gordon	(U.S.A.)	Genereren van plasma-trillingen.
J. Feinstein	(U.S.A.)	Voortplanting van plasma-trillingen.
L. G. H. Huxley	(Australië)	Beweging van vrije elektronen in waterstof.

De derde zitting was gewijd aan de fysica van de kathode. Voorzitter was Prof. W. G. Shepherd (U.S.A.). Inleider Dr. L. S. Nergaard (U.S.A.). Dr. Nergaard gaf geen overzicht, doch bediscussieerde enkele van de actuele problemen van dit gebied, waarbij hij stelde:

1) *dat iedere kathode een reducerend agens is.*

De elektronen-chemische potentiaal van een kathode is gelijk aan zijn werkfunctie. Een verlaging van de werkfunctie zal dan ook de kathode tot een sterker reducerend agens maken. Hieruit volgt dat hoe beter de kathode is, des te gevoeliger zij zal zijn voor oxydering (vergiftiging).

2) *dat iedere kathode in evenwicht is met zijn omgeving.*

Zelfs met het best bereikbare vacuum in buizen is de thermische beweging van het de kathode omgevende gas niet verwaarloosbaar en geeft aanleiding tot voortdurende chemische reactie aan het kathode-oppervlak. Een kathode in een werkende buis kan daarom niet worden beschouwd op zich zelf staande en los van de andere elektroden, de toevoerleidingen en de omhulling.

3) *dat iedere kathode een voorraad (dispenser)-kathode is.*

Sommige van de in 2) genoemde gassen zijn oxyderend en verhogen de werkfunctie van de kathode. Het dragermateriaal en het eventueel hierin aanwezige reductiemiddel verdampen voortdurend. Een vermindering van het beschikbare reductiemiddel verhoogt de werkfunctie direct of indirect door de wet der massawerking. Om een kathode over een langere tijd te laten werken, moet het dragermateriaal en haar reductiemiddel dus voortdurend toegevoerd kunnen worden.

4) *dat kathoden met een mono-atomaire of mono-moleculaire laag niet bestaan.*

Indien de onderlaag waarop een dergelijke laag zich heeft gevormd, wordt verhit, zullen de atomen of moleculen naar de onregelmatigheden van het oppervlak (dislocaties, structuurranden e.d.) diffunderen, waar een groei van oxyden of van andere kristallieten mogelijk is. De resulterende halfgeleidende kristallieten zijn dan de bron van de thermische emissie.

Na deze inleiding met de daaropvolgende discussie werden de volgende korte mededelingen gedaan door:

W. E. Danforth	(U.S.A.)	Problemen der thorium-dispenser-kathode.
M. Hatoyama	(Japan)	Studie van de oxydelaag met de elektronenmicroscoop (namens K. M. Yazawa en H. Yako).
W. G. Shepherd	(U.S.A.)	Activering en des-activering van oxydekathoden (mede namens D. E. Anderson en D. R. Palmer).
M. Hatoyama	(Japan)	Factoren die de activiteit der oxydekathode beïnvloeden (namens H. Kawamura).
R. E. Burgess	(Canada)	Kathode-eigenschappen onder ruimteladingscondities (namens P. A. Redhead en C. R. Crowell).
V. L. Stout & J. E. Beggs	(U.S.A.)	Titaan en de oxydekathode.
A. van der Ziel	(U.S.A.)	Flikkerruis en haar bijdrage voor het begrijpen van de oxydekathode.

K. G. Emeléus	(U.K.)	Opmerkingen over flikkerruis.
P. Grivet	(Frankrijk)	Voorraad (dispenser)-kathoden (namens H. Huber).

De vierde zitting behandelde de bron en oorzaak van ruis in elektronenbundels. Voorzitter was Prof. A. Blanc-Lapierre (Algerije). De inleider Dr. J. R. Pierce (U.S.A.) behandelde dit onderwerp als volgt:

Afgezien van flikkerruis wordt de ruis in een elektronenbundel voornamelijk veroorzaakt door fluctuaties in de stroomdichtheid en in de gemiddelde snelheid van de elektronen die het potentiaalminimum passeren. Ook kan het wegvangen van elektronen door een rooster extra fluctuaties veroorzaken in een passerende bundel. In een hoogfrequentdiode werkende met een constante stroomsterkte zal het hageleffect een spanningsfluctuatie tussen kathode en het potentiaalminimum te weeg brengen. Snelheidsfluctuaties der elektronen zullen in het algemeen spanningsfluctuaties tussen het potentiaalminimum en de anode veroorzaken. Met deze ruisbronnen kan met de vergelijkingen van Llewellyn en Peterson voor een planparallelle elektrodenopstelling de ruis worden berekend voor grote looptijdhoeken. Elektronenbundels ondervinden soms ook storingen door ionentrillingen, terwijl eveneens door secondaire of gereflecteerde elektronen storende trillingen kunnen optreden. De verschijnselen kunnen echter meestal vermeden worden door goed pompen en door een geschikte elektronenoptiek. De onvermijdelijke ruis in een elektronenbundel kan men behandelen als een excitatie van de normale mode of als ruimteladingsgolven. Benaderende berekeningen kunnen dan worden gemaakt met behulp van de vergelijkingen van Llewellyn en Peterson voor het gebied van het elektronenkanon en met behulp van de golfvergelijking der ruimtelading voor een bundelstroom zonder snelheidsspreiding. Uitgaande van het beeld van ruisexcitatie van de modes der voortplanting in een elektronenbundel waren Haus en Robinson in staat om een grensruisgetal af te leiden voor een willekeurige microgolfversterker waarin zulk een bundel werd toegepast. De ruisgetallen verkregen in lopende-golfbuizen zijn in het algemeen redelijk in overeenstemming met dit resultaat. Het blijkt dat de ruis in het potentiaalminimum lager is dan de ruis volgens het hageleffect; ook met de uit de waarschijnlijkheidsrekening bekende Monte-Carlo-methode kan men dit aantonen. De ruis van een elektronenbundel neemt exponentieel toe met de lengte van de bundel en wordt daarna bijna constant bij een waarde groter dan alleen met het hageleffect verkregen zou worden. Dit zou te wijten kunnen zijn aan versterking van de ruis bij andere frequenties waarbij omzetting van deze ruis naar de gebruikte frequentie door niet-lineaire effecten optreedt.

Verdere bijdragen werden gegeven door:

Jiro-Koyama	(Japan)	Microgolf-ruis in het potentiaalminimum.
Seiyo Okochi	(Japan)	Over de microgolfruis bij de eerste anode in een elektronenbundel.
G. A. Woonton	(Canada)	Stroom- en snelheidsfluctuaties bij de anode in een elektronenkanon (mede namens R. F. C. Vessok en E. V. Hornelson).
P. Grivet	(Frankrijk)	Experimentele resultaten van ruis in bundels.
L. J. Chu	(U.S.A.)	Het theorema van de bewegingsenergie voor longitudinale elektronenbundels (mede namens H. A. Haus).
H. A. Haus	(U.S.A.)	Over het minimum ruisgetal voor microgolfbundelversterkers.
J. R. Whinnery	(U.S.A.)	Driedimensionaal ruiseffect, belangrijk voor „backward wave" versterkers.
W. E. Danielson	(U.S.A.)	De lopende-golfbuis als een praktische lageruisversterker.

In de vijfde zitting werd de fysica der halfgeleiders behandeld. Voorzitter was Dr. H. Tannenbaum (U.S.A.) Dr. W. Shockley (U.S.A.) leidde dit onderwerp als volgt in:

Om de fysica van de transistor te kunnen begrijpen, moet men de vijf voor

naamste afwijkingen kennen die een overigens zuiver kristal van een halfgeleider de eigenschappen kunnen geven om in de elektronica met succes te worden gebruikt. Deze afwijkingen zijn achtereenvolgens gaten, elektronen, donors, acceptors en recombinatie- of deathniumcentra. Halfgeleiderbuizen kunnen worden beschouwd als soortgelijke toestellen als vacuumbuizen, waarin donors, acceptors en deathnium-centra, op de juiste plaats in het kristalrooster aangebracht, een gelijksoortige rol spelen als de elektroden in buizen met vacuum of gasvulling. Daar de beweging van gaten en elektronen plaats heeft door diffusie in plaats van door potentiaalvelden, zal de transportsnelheid in halfgeleiders in het algemeen langzamer zijn dan in vacuumbuizen. Daarom zullen de afmetingen kleiner moeten zijn voor dezelfde grensfrequentie. De tegenwoordige halfgeleiderbuizen hebben reeds kleinere critische afmetingen dan vacuumbuizen en men zou in principe tot nog kleinere afmetingen kunnen komen. Het gedrag van deze buizen werd besproken in verband met de grens die er door de afmetingen aan wordt gesteld, en verder hoe de fysische beperkingen, bijv. van een lagentransistor, de grensfrequentie bepalen.

Na de discussie werden voordrachten gehouden door:

A. van der Ziel	(U.S.A.)	De fysica van halfgeleider-buizen.
K. M. van Vliet	(U.S.A.)	Elektronische ruis in bulk-halfgeleiders.
R. E. Burgess	(Canada)	Fluctuaties in halfgeleiders.
A. Blanc-Lapierre	(Algerije)	Geleiding en flikkereffect in halfgeleiders (namens N. Nifontoff).
C. W. Oatley	(U.K.)	Een nieuwe methode om de potentiaalverdeling te bepalen in p-n-kristallen.
G. M. Hatoyama	(Japan)	Akoestisch-elektrisch effect in Ge (namens W. Sasaki).
H. Salow	(Duitsland)	Schakeltransistors met korte hersteltijd.

De zesde zitting was gewijd aan de „Maser" en aan parametrische versterkers en was gecombineerd met de andere commissies. Voorzitter was Dr. R. C. Fletcher. Prof. C. H. Townes gaf in een inleiding een overzicht over de eigenschappen van de Maser en behandelde de theorie en de experimenten, die op dit moment gedaan worden.

Daarna volgden nog enige voordrachten, o.a. van

H. E. D. Scovil	(U.S.A.)	De vaste-stoffenmaser met 3 niveaus.
H. Takahasi	(Japan)	Hoogfrequentversterking met niet-lineaire reactantie-elementen.
H. Suhl	(U.S.A.)	Microgolfversterking met gebruik van ferromagnetische materialen.
J. G. Bolton	(U.S.A.)	Het belang van versterking met lage ruis voor de radio-astronomie en de radioverbindingen.

J. L. H. JONKER

EEN 40-JARIGE HERDENKING PER TELEVISIE

Op 27 februari van dit jaar vierde de N.S.F., thans P.T.I. (Philips' Telecommunicatie Industrie) haar 40-jarig bestaan. Door de tijdsomstandigheden werd dit moment op zeer eenvoudige wijze en uitsluitend in eigen kring, herdacht en zou daarom eigenlijk niet voor vermelding in dit tijdschrift in aanmerking komen. De wijze van de viering was echter zodanig dat dit toch wel zin heeft.

De herdenking concentreerde zich op de aanbieding door het personeel van een beeld, dat geplaatst werd op het voorterrein van de fabriek in Hilversum. Daar was geen ruimte om het gehele personeel uit Hilversum, Huizen en Den Haag samen te brengen. Er moest dus een andere manier gevonden worden om het personeel toch aan de onthullingsplechtigheid te doen deelnemen.

De fabrieken beschikken over omroepinstallaties. Het Staatsbedrijf der P.T.T. was zo welwillend toe te staan deze te koppelen over de lijnen die normaliter voor het telefoonverkeer tussen deze bedrijven worden gebruikt. Het overbrengen van de te houden toespraken was dus geen probleem, maar het beluisteren daarvan zou toch een vrij saaie deelname zijn.

Hier bracht de jongste tak van de radiocommunicatie, de televisie, uitkomst. Het Staatsbedrijf der P.T.T. stond toe de zendvergunningen voor experimentele doeleinden voor dit bijzondere geval te gebruiken en de P.T.I. beschikte zelf over het nodige materieel.

De heer D. Hudig voor de Round Syke's microfoon.

De opname geschiedde met twee televisie camera's met vidicons en zoomlenzen, die door de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven beschikbaar werden gesteld, één voor de buitenopname en één voor opname in de hal waar de directie met enkele gasten en de ondernemingsraden bijeen kwamen. Deze werden gekoppeld aan een televisie-zender in één der gebouwen aan de Jan v. d. Heydenstraat te Hilversum, waarmede dit complex alsmede alle verdere nederzettingen in Hilversum werden bestraald en met een 37 cm straalzender die verbinding gaf met de watertoren te Laren enerzijds en tegelijkertijd met een hulpzender in het complex Huizen. Van de Larense watertoren werd met 3 cm straalzenders via een relaispost te Bodegraven verbinding verkregen met het hoge gebouw van de P.T.I. aan de Televisiestraat te 's-Gravenhage.

In de kantoren en fabrieksruimten in Hilversum, Huizen en Den Haag waren een honderdtal televisie ontvangers met eenvoudige antennes opgesteld, zodat alle personeelsleden ter plaatse van hun werkzaamheden de onthullingsplechtigheid konden volgen.

Hilversummers die van deze opzet iets vernomen hadden, konden het beeld krijgen, maar niet het geluid, zodat de intimiteit van de gebeurtenis bewaard bleef.

Nog een bijzonderheid, die de vermelding waard is, is dat de microfoon die voor de opname der toespraken gebruikt werd, een exemplaar was van het type, zoals dat in de twintiger jaren in de studio van de N.S.F., toen de omroep nog binnen deze onderneming bedreven werd, in gebruik was en een nu nog zeer acceptabele kwaliteit gaf. [1])

De bijeenkomst werd bijgewoond door de enige nog in leven zijnde oprichter van de N.S.F., de 82-jarige heer D. Hudig, die na de welkomstrede van de huidige directeur, Ir. H. Furstner, het woord nam en in een enthousiaste toe-

---

[1]) Beschikbaar gesteld door de heer R. Visser te Blaricum, oud-N.S.F.'er.

spraak zijn voldoening uitte te staan op de grond die hij indertijd gekocht had en thans te kunnen constateren, dat het initiatief dat toenmaals door de reders genomen werd, geleid heeft tot de ontwikkeling van een onderneming die nu Nederland een eervolle plaats in de telecommunicatie-techniek in de wereld doet innemen. Hem werd het eerste exemplaar van het herdenkingsboek [2]) „Spanne en Spanningen", waarin door Willem Vogt de veelbewogen geschiedenis en de vele doorstane spanningen van de N.S.F.—P.T.I. in de spanne tijds van 40 jaren op levendige wijze beschreven wordt, ter hand gesteld.

De oud-directeur, de heer J. G. E. Gieskes, en verschillende oud-medewerkers waren de gasten.

Het was de eerste maal, dat de televisie in ons land — en voor zover wij weten zelfs in Europa — alle leden van een onderneming met verspreide bedrijven de mogelijkheid verschafte toch allen tezamen aan een belangrijke bedrijfsgebeurtenis deel te nemen.

De technische verzorging van de televisie-uitzending lag bij de heer W. van Vlerken. De heer D. de Vilder verzorgde de reportage.

d. F.

COMITÉ INTERNATIONAL RADIO-MARITIME

Het „Technical Committee" van het Comité International Radio-Maritime (C.I.R.M.) kwam te Amsterdam bijeen op 24 en 25 maart 1958.

De C.I.R.M. organisatie is een internationaal lichaam, buiten de overheidssfeer, dat op niet commerciële basis de vooruitgang van de radiodienst aan boord van schepen, alsmede die van de radiocommunicatie- en elektronische navigatie-apparatuur nastreeft.

Leden van deze organisatie zijn de radio-exploitatie-maatschappijen in praktisch alle belangrijke zeevarende landen. Bij bedoelde bijeenkomst in Amsterdam waren aanwezig:

de vertegenwoordigers van: Engeland, Noorwegen, Denemarken, West-Duitsland, Nederland, België, Frankrijk, Spanje, terwijl Amerika en Zweden vertegenwoordigd waren door een waarnemer.

Uit de te Amsterdam besproken agendapunten worden de volgende gememoreerd:

1. *Herziening radioreglement van Atlantic City 1947/Buenos Aires 1952.*

Bij de voorgenomen gewone Administratieve conferentie van de International Telecommunication Union, welke zal plaats vinden vanaf 1 juli 1959 te Genève, zal het bestaande Radioreglement worden gewijzigd en aangevuld met de bepalingen welke na 1947 zijn gemaakt op Regionale bijeenkomsten. Dit omvangrijke werk beoogt in principe een herziening van het gehele „bruine boek" van Atlantic City. Een der belangrijkste onderwerpen hiervan zal waarschijnlijk worden het tot stand brengen van een nieuwe frequentie-verdeling van het gehele „spectrum" der radioverbindingen. Het C.I.R.M. heeft als studiepunt speciaal op haar programma de kwestie van de verbindingen tussen schip en wal. Sinds de frequentieverdeling, volgens de tabel van Atlantic City, in 1947 tot stand kwam, zijn er ten aanzien van de behoefte van verbindingen tussen schip en wal aanmerkelijke wijzigingen opgetreden.

Zo is bijvoorbeeld het telefoonverkeer in grote mate uitgebreid zonder dat er een teruggang van het telegraaf-verkeer heeft plaats gevonden. Nieuwe radionavigatiesystemen zijn in werking gekomen en vereisen hiervoor de benodigde ruimte in het frequentie-spectrum.

De praktijk heeft geleerd, dat de thans toegewezen frequenties voor scheepsradiodiensten gestoord worden door andere diensten, welke niet in de scheepsbanden thuis horen; bijv. militaire bakens werken nog veelvuldig op scheepsbanden en veroorzaken ontoelaatbare storingen. De oplossing zal gezocht moeten worden ten dele in de richting van meer strikte technische specificaties en ten dele door het invoeren van nieuwe technieken.

---

[2]) Thans uitgegeven door de fa. Meulenhoff te Amsterdam.

Voor het telefonie-verkeer wordt gedacht aan het invoeren van enkel zijbandtelefonie. Naast bovenstaande, meer zuiver technische problemen, zal de radioreglementering moeten worden gewijzigd. In dit verband zal het nieuwe radioreglement bepalingen moeten gaan bevatten over verkeers-procedures in verband met het telefonie-noodverkeer op schepen, welke op regionale basis in 1955 werden vastgelegd in het verdrag van Göthenborg. Eveneens zal het radio-reglement moeten worden gewijzigd in verband met het invoeren van V.H.F. procedures, zoals, eveneens op regionale basis, overeengekomen bij het verdrag van Den Haag 1957.

2. *Nieuw type scheepsantenne.*

Het C.I.R.M. heeft de studie begonnen van een nieuw type antenne van meer praktische konstruktie voor scheepsgebruik. De tot nu toe toegepaste hoofdantenne op schepen, welke is aangebracht tussen 2 masten, ondervindt praktische bezwaren. Onderzocht zal worden in hoeverre een zelfstralende mast van speciale konstruktie kan worden toegepast, mede in verband met terzake geldende bepalingen van het Veiligheidsverdrag Londen 1948.

3. *Internationaal fonetisch alfabet.*

Met het oog op het zich gemakkelijk verstaanbaar maken tussen personen, welke verschillende talen als hun moedertaal hebben is het gewenst meer een-

Deelnemers C.I.R.M. conferentie te Amsterdam

heid te brengen in de verschillende bestaande internationale fonetische alfabeten en tevens een korte lijst samen te stellen van duidelijk onderkenbare codewoorden. De vordering dezer studie in het verleden alsmede nieuwe richtlijnen ten einde tot een doeltreffend resultaat te komen, werden besproken.

De resultaten van het werk van C.I.R.M. komen tot uiting in de vorm van dokumenten, welke worden ingediend bij de verschillende specialistische organisaties van de United Nations, waartoe behoren: de reeds eerder genoemde International Telecommunication Union (I.T.U.), het Comité Consultatif International des Radiocommunications (C.C.I.R.) en het voorbereidend Comité van de voorgenomen nieuwe Veiligheidsconferentie, welke waarschijnlijk in 1960 zal plaats vinden.

Naast het hiervoor beschreven werk beoogt het C.I.R.M. tevens de uitwisse-

ling van nieuwe technische en praktische ontwikkelingen in de respektievelijke landen der leden betreffende het gehele gebied der kommunikatie-apparatuur en navigatie-apparatuur voor gebruik aan boord van schepen.

Het zou te ver voeren binnen het kader van dit verslag in details te treden.

C. B. Br.

COLLOQUE INTERNATIONAL D'ELECTRONIQUE NUCLEAIRE, PARIJS 16—20 SEPTEMBER 1958.

De „Société des Radioélectriciens" deelt ons mede dat zij zich voorstelt, van 16 tot 20 september 1958 in Parijs te organiseren een „Colloque international d'électronique nucléaire". De „Union internationale de physique pure et appliquée" heeft het beschermheerschap aanvaard. Het colloquium zal plaats vinden in het nieuwe gebouw van de UNESCO, place de Fontenoy.

Belangstellenden kunnen zich tot het verkrijgen van inlichtingen wenden, òf tot de Secretaris van het N.R.G. òf, onder verwijzing naar deze aankondiging, rechtstreeks tot het Secretariaat van de Société des Radioélectriciens, 10/14 Avenue Pierre-Larousse, Malakoff (Seine).

PRIJZEN TOEGEKEND DOOR HET VEDERFONDS.

Het bestuur van de Stichting Wetenschappelijk Radiofonds Veder heeft met algemene stemmen besloten prijzen toe te kennen aan de Heer J. Evers, Koog aan de Zaan, „terzake van het werk voor de verkrijging van betere ontvangst van gestoorde radiosignalen in de amateurbanden", en aan de Heren J. A. Greefkes en Ir. F. de Jager, te Eindhoven „terzake van de ontwikkeling van het systeem ter verbetering van de signaal-ruisverhouding bij de overdracht van spraak".

J. EVERS

De Heer Evers werkt als radiotechnicus bij het technisch centrum voor luchtverdediging (S.H.A.P.E.) te Den Haag. Hij is een bekend radioamateur (PAoCX) en redacteur van „Electron". Dat hij als amateur zo'n ingenieus ontvangsysteem heeft bedacht en uitgevoerd is zeker een extra verdienste. Zonder selectieve filters worden de beide zijbanden van een a.m. signaal apart gedemoduleerd, en ieder aan een oor toegevoerd. [1]) Dit gebeurt door na de middenfrequent versterker synchrone detectie toe te passen, eenmaal in phase met de inkomende draaggolf, en eenmaal met een 90° in phase verschoven oscillator spanning. In de gedemoduleerde signalen zijn de componenten afkomstig van de ene zijband dan + 90° ten opzichte van elkaar in phase verschoven, die van de andere — 90°. Deze signalen worden nu elk aan een helft van een netwerk toegevoerd, dat de eigenschap heeft de inkomende signalen 90° ten opzichte van elkaar in phase te draaien. Een aan de uitgangen hiervan aangesloten optelschakeling levert dan de bijdrage van de ene zijband tot het signaal, een aftrekschakeling die van de andere zijband. Voert men deze bijdragen nu toe resp. aan het linker- en rechteroor, dan ontstaat een stereophonisch beeld, waarbij storingen en interferentie uit heel andere richtingen lijken te komen dan het gewenste sigaal. Dit vergemakkelijkt de concentratie zeer en maakt verstaan onder moeilijke omstandigheden mogelijk.

---

[1]) H. Evers „De frequentieschaar", Electron **13**, 1958, 10-14, 36-38.

J. A. GREEFKES
en
F. DE JAGER

Bij het „Frena" systeem[2]) worden de frequentie en de amplitude informatie van spraak gescheiden overgebracht, de eerste met een bandbreedte van 3000 c/s, de tweede met 100 c/s. Men kan met amplitude modulatie werken of met frequentie-modulatie. In het eerste geval is 8 dB signaal-ruisverhouding voldoende, in het tweede geval 6 dB. Men kan ook het amplitudekanaal alleen laten aangeven, of er een spraaksignaal is, dan wel een pauze („frenac"). Dan komt men zelfs met 4 dB uit, omdat de ruis afwezig is, in de pauzes, wanneer hij het meest hinderlijk wordt gevoeld.

J. A. Greefkes, geb. 26 april 1912 te Amsterdam, dipl. H.T.S. Amsterdam 1933, radiotechnicus P.B.N.A. 1940, is sinds 1938 bij de N.V. Philips werkzaam, eerst in de ontwerpgroep P.T.T., vanaf 1946 in het Natuurkundig Laboratorium. De Heer Greefkes is ingeschreven in het register van Nederlandse ingenieurs, lid van het N.R.G. en member van het I.R.E.

Ir. F. de Jager, geb. 13 juni 1919 te Amsterdam, afgestudeerd in Delft in 1946, is sindsdien verbonden aan het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips. Zijn werk bewoog zich op de gebieden van draaggolftelefonie, impulssystemen (deltamodulatie) en ruisonderdrukking bij diverse modulaties. De laatste jaren houdt hij zich vooral bezig met spraakonderzoek.

NIEUWE UITGAVEN

Wij ontvingen de volgende nieuwe uitgaven:
Elektronische schakelingen in de Industrie, door R. Kretzman.
Elektrotechnische Encyclopedie — deel 1, hoofdredactie Ir. Dr. A. Korevaar en Ir. G. Boes.
Deze uitgaven zullen in een der volgende nummers worden besproken.

Boekbesprekingen

„Spanne en Spanningen". De 40-jarige geschiedenis van de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, voorheen N.V. Nederlandsche Seintoestellen Fabriek, door W. Vogt. Verkrijgbaar bij de uitgeverij Meulenhoff & Co. te Amsterdam. 355 bladzijden, 15 x 22,5 cm, 124 foto's. Prijs *f* 12,50.

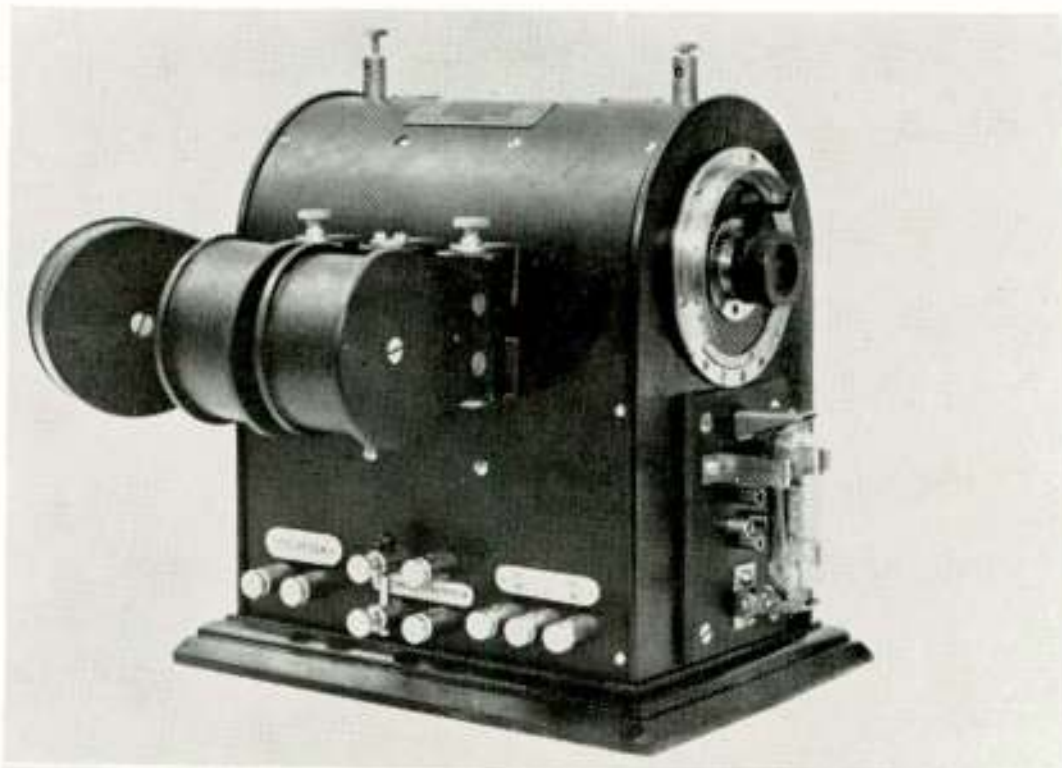
Van de directie van de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie ontvingen wij het gedenkboek, dat uitgegeven werd ter gelegenheid van het 40-jarig bestaan der N.V.

De heer Vogt schrijft in zijn voorwoord:

„Zo kwam men op de niet ongewone gedachte van een herdenkingsboek, maar moest dit boek dan een geschreven feestrede worden, goud op snee, van een bedrijf dat 40 jaar lang feilloos op zijn succes heet te zijn toegesneld — of kon het een eerlijke beschrijving worden van een onderneming, die voor- en tegenspoed heeft gekend? Deze keus werd nimmer gemaakt: het laatste fascineerde

---

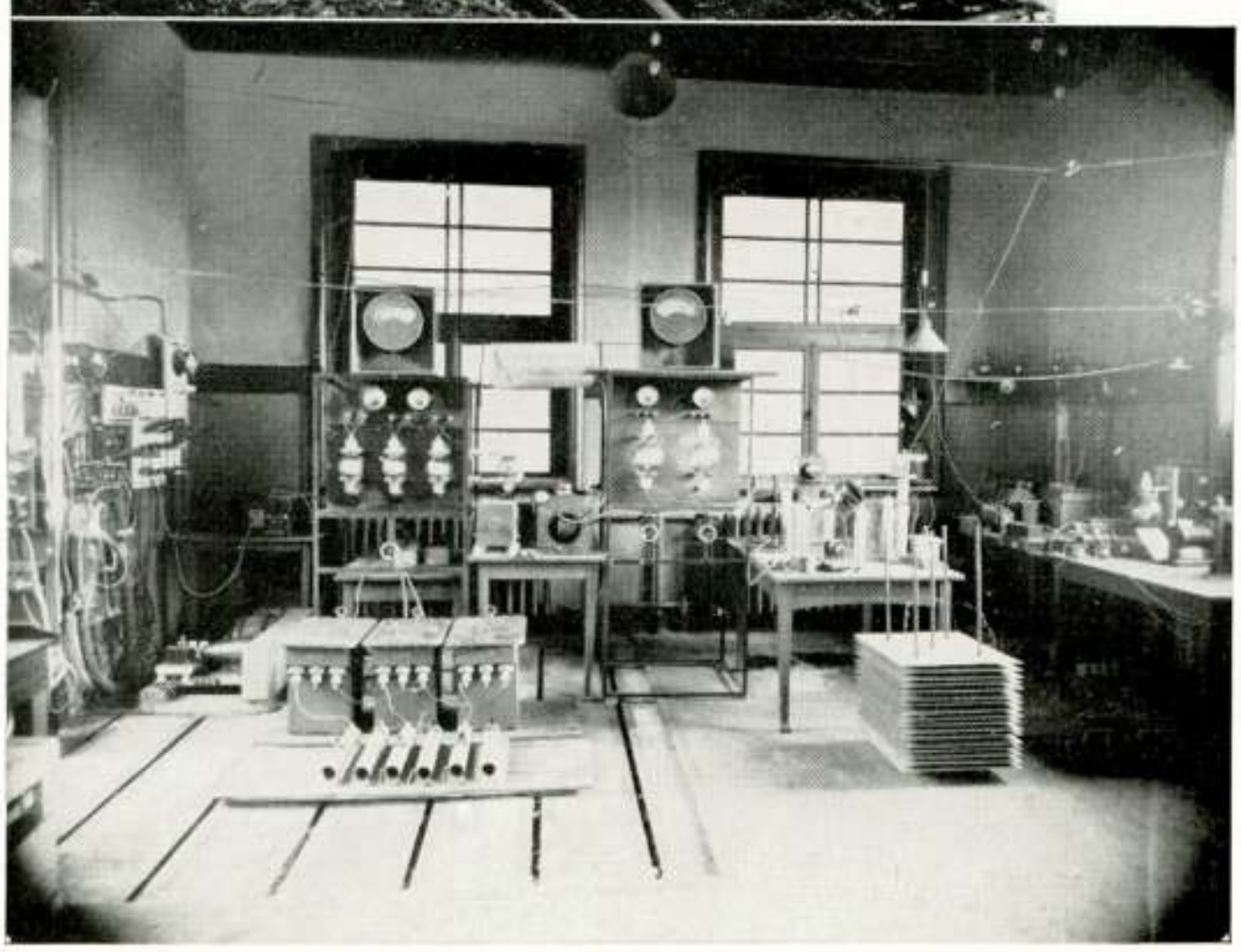
[2]) F. de Jager en J. A. Greefkes: „Frena", een systeem voor overbrenging van spraak bij hoge ruisniveaus. Philips tech. Tijdschr. **19,** 65-77, 1957.



De N.S.F. vroeger

De O 34, de trots van iedere marconist uit omstreeks 1925.

Gebouw C van de N.S.F. (1919).



Omroepzender uit 1923.

DE P.T.I. thans

BX 925
communicatie-
ontvanger

Radio-radar-
fabriek
te Huizen

100 kW zender
Wereldomroep
(1952).

reeds van verre. Spanningen — elektrische en andere — verleenden aan deze industrie een rijkdom van historie, die geen kroniekschrijver naar het goud op snee kon doen verlangen."

Ongetwijfeld, er was toch genoeg om te schrijven en vele ups and downs kan men in dit boek aantreffen.

De N.S.F. werd opgericht door de Nederlandse reders, belichaamd in de nationale radio-exploitatie-maatschappij, Nederlandse Telegraaf Maatschappij „Radio-Holland" N.V.

Het oogmerk was „te geraken tot de oprichting van een N.V., wier doel zou zijn: het maken van alle installaties, inrichtingen, toestellen en werktuigen, bestemd voor of betrekking hebbende op draadloze telegrafie en telefonie, seinwezen, en andere soortgelijke voorwerpen".

Na uitvoerig de complicaties met de Engelse, Belgische en Franse zustermaatschappijen van Radio-Holland besproken te hebben, kunnen wij kennis nemen van de beginperiode, welke tot 1925 duurde.

De heer Vogt beschrijft, op de hem eigene wijze, hoe men overging o.m. tot het produceren van oliebranders, naaldgalvanometers, waterstandmeters, patrijspoorten, kompassen en zelfs fietsen. Maar de betere tijden komen, als het grootste gedeelte van het aandelenkapitaal in 1925 in handen komt van het Philips concern. Successen uit deze tijd waren o.m. de acculaadgelijkrichters en de O 34 scheepsontvanger. Ook aan het tot stand komen der radiotelefoonverbinding met het toenmalige Nederlandsch-Indië, heeft de N.S.F. zijn aandeel gehad.

Wij kunnen ons niet aan de indruk onttrekken, dat wellicht iets te veel het accent is gelegd op de moeilijkheden en tegenslagen; als men aan het eind van het boek de imposante lijst van projecten ziet, dan komt men toch onder de indruk van hetgeen onze grootste nationale telecommunicatie industrie gedurende haar 40-jarig bestaan heeft gepresteerd.

Van de 124 foto's, welke achterin zijn opgenomen, hebben wij hierbij enkele afgedrukt.

Wij kunnen dit boek aan een ieder, die belang stelt in de ontwikkeling van de telecommunicatie hier te lande, van harte aanbevelen.

Het geeft een boeiend stuk Nederlandse radiogeschiedenis en de heer Vogt heeft zich een uitstekend kroniekschrijver getoond. Ook aan de uitvoering, gebonden in slap linnen kaft, is veel zorg besteed.

H.

Analysis of bistable multivibrator operation (the Eccles Jordan flip-flop circuit) door P. A. Neeteson. Verschenen in Philips Technische Bibliotheek als deel X in de serie „Electronic Valves", 1956, 82 bladzijden, 34 figuren. 6" x 9". Prijs *f* 7,90.

De inhoud van dit werkje is gelijk aan die van het gelijknamige proefschrift van de auteur ter verkrijging van de graad van doctor in de technische wetenschap aan de T.H. te Delft.

Het bevat naast een inleiding en litteratuurbespreking een algemene theoretische behandeling van de bistabiele multivibrator waarbij gebruik gemaakt wordt van de operatorenrekening. Enige beschouwingen over gevoeligheid, triggersnelheid en ontwerp, completeren het geheel.

Het is zeker nuttig dit proefschrift in ruime kring bekendheid te geven doch wij betwijfelen of publicatie in de reeks „Electronic Valves", gezien het wel zeer specialistische karakter van het boekje, hiertoe de aangewezen weg was.

L. K.

Frequency modulation engineering, door C. E. Tibbs en G. G. Johnstone, B. Sc. Tweede herziene druk 1956. Uitgegeven door Chapman and Hall Ltd, London. 432 blz., 21,5 x 14 cm. Prijs: 45 s.

Dit boek is geschreven door een paar technici welke ten nauwste betrokken zijn geweest bij de opbouw van het FM omroepnet in Engeland. Hierdoor heeft het praktische gedeelte van het werk in hoofdzaak betrekking op omroep- fm zenders en ontvangers (90 MHz).

Na de inleiding wordt een goed theoretisch overzicht gegeven van de eigenschappen van in frequentie en in fase gemoduleerde signalen. Bij de behandeling

van het frequentiespectrum van een met één sinusvormige trilling in fm gemoduleerde hoogfrequent trilling, wordt slechts kort gememoreerd, dat bij modulatie met 2 of meerdere sinusvormige trillingen het spectrum ingewikkelder is dan een eenvoudige sommatie van de oorspronkelijke frequentiespectra.

Voor een meer diepgaande studie wordt de lezer aan het einde van elk hoofdstuk een zeer goede bibliografie gegeven.

Een uitvoerige beschouwing over interferentie, ruis en de onderdrukking ervan vinden we in de hoofdstukken 3 en 4. De eigenschappen van de propagatie evenals die van de verschillende antennetypen, in het VHF freq. gebied, worden uitvoerig besproken. De behandeling van voedingslijnen geschiedt geheel analytisch, waarbij het te betreuren is, dat het Smith-diagram, of andere reactantie diagrammen in het geheel niet worden genoemd.

De tweede helft van het boek behandelt schakelingen en constructies welke bij zenders en ontvangers worden toegepast. Opmerkelijk is dat de diode reactantie modulator (in Nederland bij de omroep fm zenders in gebruik) niet wordt genoemd.

Aan diverse hf ingangschakelingen en discriminatorschakelingen van ontvangers is een goede plaats ingeruimd.

Dit boek geeft de student zowel als de ontwerper, welke zich op het gebied van de frequentie modulatie wil bekwamen naast een theoretische ondergrond een goed inzicht in de mogelijkheden en schakelingen van de freq. modulatie techniek in het VHF gebied.

v. d. S.

Uit het Nederlands Radiogenootschap

PERSONALIA

Dr. Ir. A. T. DE HOOP

Op 12 februari j.l. promoveerde Ir. A. T. de Hoop op zijn proefschrift „Representation theorems for the displacement in an elastic solid and their application to elastodynamic diffraction theory".

Promotor was prof. dr. ir. J. P. Schouten. Gaarne wensen wij Ir. de Hoop geluk met zijn promotie. Voor nadere gegevens betreffende zijn levensloop worde de lezer verwezen naar pag. 275 van deel 22.

PROF. Dr. Ir. J. L. VAN SOEST

Aan ons erelid prof. van Soest is door de Rijksuniversiteit te Utrecht ter gelegenheid van de viering van de 322ste dies natalis op 28 maart 1958 de hoogste wetenschappelijke onderscheiding, het eredoctoraat, verleend. Prof. van Soest is buitengewoon hoogleraar in de afdeling der electrotechniek van de Technische Hogeschool te Delft, Commissaris voor physische research van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO, en amateur-botanicus.

Aan de rede van de promotor, prof. dr. J. Lanjouw, ontlenen wij het volgende: Prof. van Soest heeft naast zijn zeer belangrijk technisch physische werk veel en voortreffelijk werk verricht op biologisch terrein, namelijk in de systematische Plantkunde en de floristische Plantengeografie. Het is op grond van dit werk dat hem de doctorale graad werd verleend.

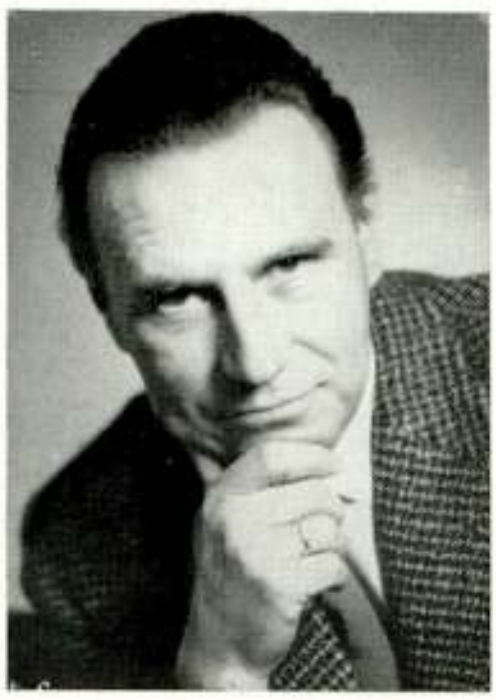
Zijn plantengeografisch werk bracht prof. van Soest er toe, op grond van de verspreiding der plantensoorten, geheel Nederland in een elftal goed omlijnde districten te verdelen; een indeling, waarvan het wetenschappelijk belang en de practische bruikbaarheid door iedere plantengeograaf thans wordt erkend.

Op plantensystematisch terrein zijn door prof. van Soest artikelen gepubliceerd, aanvankelijk alleen over soorten van het genus Hieracium (Havikskruid), daarna vooral over Taraxacum (Paardenbloem). Hij geldt op deze gebieden als een internationale autoriteit.

Tenslotte merkte de promotor nog op dat prof. van Soest naast deze gespecialiseerde bijdragen, die hij voor de Nederlandse botanische wetenschap heeft geleverd, ook nog bemoeienissen van meer algemene aard heeft, zoals zijn werk als Voorzitter van de redactie van de grote nieuwe Flora Neerlandica.

Wij wensen prof. van Soest van harte geluk met deze bijzonder eervolle onderscheiding.

IJ. B.



PROF. Dr. J. J. ZAALBERG VAN ZELST

Tot bijzonder hoogleraar te Utrecht, vanwege het Universiteitsfonds, werd met ingang van 1 januari 1958 benoemd Dr. J. J. Zaalberg van Zelst, om onderwijs te geven in de electronica.

Dr. Zaalberg van Zelst, geboren 1911 te Amsterdam, promoveerde te Utrecht in 1936 op proefschrift „Precisie en gevoeligheid bij intensiteitsmetingen". Promotor was Prof. Ornstein, tot wiens assistenten hij geruime tijd behoorde. Na gedurende 2½ jaar gewerkt te hebben aan de stichting biophysica aan de Universiteit, werd hij in 1937 wetenschappelijk medewerker van de N.V. Philips. Zijn onderzoekingen in het Natuurkundig Laboratorium bewogen zich op electronisch gebied. Gelijksoortige beginselen brengt hij op vele plaatsen tot toepassing (condensator-microfoon, lage-drukmeter, electrometer). Daarnaast zoekt hij naar algemene gezichtspunten in stabilisatieproblemen, bijv. voor veldmeters, versterkers („bijvoegen van het ontbrekende").

Voor het Nederlands Radiogenootschap heeft hij sinds 1946 zitting in de examencommissie, waarvan hij in 1954 vice-voorzitter werd.

S.

WIJZIGING SAMENSTELLING REDACTIE

Wegens drukke werkzaamheden heeft Dr. Haantjes tot zijn spijt moeten bedanken als lid van de redactiecommissie. Gaarne zeggen wij hem dank voor de in het belang van het Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap verrichte werkzaamheden. Wij vonden Dr. F. L. Stumpers bereid om de plaats van Dr. Haantjes in te nemen.

EXAMENS

VERSLAG VAN HET EXAMEN VOOR RADIOTECHNICUS EN RADIOMONTEUR GEHOUDEN IN OKTOBER, NOVEMBER EN DECEMBER 1957.

De schriftelijke examens voor radiotechnicus en radiomonteur werden gehouden op 7 en 14 oktober 1957.

Het examen voor televisie-technicus werd niet afgenomen; in verband met het

gering aantal candidaten zal dit examen voorlopig éénmaal per jaar (in het voorjaar) worden gehouden.

De mondelinge examens vonden plaats op 18, 19, 25, 26 november, 2, 3, 12, 13, 19 en 20 december 1957.

Het resultaat van het examen is hieronder vermeld.

SCHRIFTELIJK

	deelgenomen	vrijstelling	afgewezen
radiotechnicus	138	—	42
radiomonteur	187	—	51

MONDELING

	ziek gemeld	deel-genomen	afge-wezen	her-examen	geslaagd
radiotechnicus	1	95	40	5	50
radiomonteur	1	135	45	6	84

HEREXAMEN

	deelgenomen	afgewezen	geslaagd
radiotechnicus	12	3	9
radiomonteur	10	—	10

Aan 3 candidaten radiotechnicus werd de Wera-fonds examenprijs (*f* 100,—) toegekend.

VOORJAARSEXAMENS

De examens voor Radiomonteur, Radiotechnicus en Televisie-Technicus zullen in het *voorjaar 1958* worden gehouden in De Haagse Dierentuin, Benoordenhoutseweg 4 Den Haag en wel als volgt:

Schriftelijk:
Radiomonteur 14 april;
Radiotechnicus 21 april;
Televisie-technicus 21 april.
Mondeling:
22, 23 mei, 2, 3, 9, 10, 19, 20, 23, 24, 30 juni, 1 juli.

VOORGESTELDE LEDEN

Ir. F. C. de Boer, Berlagelaan 149, Hilversum. (PTI)
Ir. R. I. G. Bosselaers, Adm. de Ruyterlaan 176, Hilversum. (PTI)
Ir. F. A. W. van den Burg, van de Lelystraat 51 I, Delft. (TH, Delft)
Ir. A. J. van Eick, Hugo Verriesthof 8h, Amsterdam W 2. (IBM)
Ir. J. P. M. Gieles, Pasteurlaan 75, Eindhoven. (Philips)
Ltz. 3 Ir. P. M. E. M. Grinten, Marine Vliegkamp Valkenburg, Katwijk aan Zee. (Marine)
Ir. P. A. H. Hart, Leenderweg 125, Eindhoven. (Philips)
Ir. G. A. Joosten, Kleiweg 253, Rijswijk ZH. (PTT)
R. F. Kielstra, 19 allée des Terasses, Le Pecq (S&O), Frankrijk. (Radio Ocean, Parijs)
Dr. N. H. Knudtzon, Laan van Meerdervoort 1098, Den Haag. (Technisch Centrum Luchtverdediging)
Ir. H. J. Kramer, Berlagelaan 114, Hilversum. (PTI)
Ir. F. Schouten, Van Lodesteynstraat 50, Delft. (Marine)
Ir. H. Sørbye, Van Trigtstraat 112, Den Haag (Shape)
Ir. F. Valster, Groesstraat 7, Geldrop. (Philips)
W. van Vlerken, Kretschmar van Veenlaan 64, Hilversum. (PTI)
Ir. D. H. Wolbers, Carel Vosmaerstraat 38, Voorburg. (PTT)

NIEUWE LEDEN

P. J. Hooijmans, Damsigtstraat 50, Voorburg.
Ir. A. J. Kampstra, van der Spiegelstraat 15, Den Haag.

NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN EN CORRECTIES OP DE LEDENLIJST:

J. Aerts, Kamperfoeliestraat 13, Bussum.
Ir. A. Delsman, Goudsbloemlaan 248, Den Haag.
Prof. dipl. Ir. J. Deketh, p/a A. Haverkamp, Eikstraat 33, Den Haag.
Ir. L. F. Dert, Berlagelaan 102, Hilversum.
Dr. Ir. A. T. de Hoop, Insulindeweg 18, Delft.
Ir. J. Lit, Aart van der Leeuwkade 57, Voorburg.
Ir. H. Miedema, 104 West Hannover Avenue, Morris Planes, New Jersey USA.
Ir. W. F. Njio, Snelliuslaan 77, Hilversum.
Ir. N. Rodenburg, Lijsterbeslaan 39, Hilversum.
Ir. J. M. Scholten, Dwarslaan 6, Blaricum.
Ir. J. Schuytemaker, Zwaluwenlaan 63, Bussum.
Ir. J. J. Schreuders, Moddermanstraat 60, Leiden.
Prof. Dr. Ir. J. L. van Soest, van Soutelandelaan 35, Den Haag.
W. P. Stiekema Ing., Randweg 75a, Rotterdam.
Ir. W. G. van der Touw, Zilverschoonstraat 26, Den Haag.
Ir. C. J. Wustenhof, Thomas de Keyserstraat 192, Enschede.