

T. HOUTGAST en H. J. M. STEENEKEN

## Tussen spreken en verstaan – een nieuwe meetmethode

*Bij communicatie door middel van het gesproken woord is er altijd sprake van een overdrachtweg. Dat kan variëren van simpelweg een korte afstand door de lucht tot zeer uitgebreide ketens bestaande uit vele gecompliceerde elementen. Het ontwikkelen van dergelijke overdrachtwegen is het werkterrein van vele akoestici, elektronici en radiotechnici. Wat is de kwaliteit van hun 'produkt'? Dat is vaak moeilijk objectief vast te stellen. Een recent ontwikkelde meetmethode kan daarbij uitkomst bieden. Op de achtergronden en het toepassingsgebied daarvan wordt hier nader ingegaan.*

### Inleiding

In hoeverre een luisteraar verstaat wat iemand zegt hangt af van een complex van factoren die niet alle toegankelijk zijn voor de fysisch. Wordt er duidelijk en begrijpelijk gesproken, is de luisteraar vertrouwd met het onderwerp en het taalgebruik van de spreker? Deze 'menselijke' factoren staan naast de fysische factoren die betrekking hebben op het spraak-transmissiekanaal, de weg die het signaal aflegt van de mond van de spreker tot het oor van de luisteraar. Dit kan variëren van eenvoudigweg enkele centimeters door de lucht tot een zeer gecompliceerde keten waarin elementen kunnen voorkomen als microfoons, apparatuur voor opslag en reproductie, radioverbindingen, luidsprekers, nagalm in grote ruimten, en zo meer. Het ontwerpen van goed functionerende spraak-transmissiekanaalen is het werkterrein van vele akoestici en elektrotechnici, met als uiteenlopende voorbeelden het aanbrengen van een geschikte klankkaatser boven een spreekgestoelte of het op economische wijze realiseren van een radioverbinding die goed functioneert tot een bepaalde afstand. Hoe echter te bepalen wat een 'geschikte' klankkaatser, of wat een 'goed functionerende' radioverbinding is? Hoe kunnen alternatieve oplossingen onderling worden vergeleken? Met andere woorden, hoe de kwaliteit te bepalen van een transmissiekanaal?

### Kwaliteit

Een belangrijke kwaliteit-bepalende factor is de verstaanbaarheid die bereikt kan worden. Kwaliteit, althans een belangrijk onderdeel daarvan, van transmissiekanaalen kan dus worden vastgesteld op grond van verstaan-

baarheid. Hiermede geraken we echter in een lastig parket. Zoals vermeld, spelen bij verstaan en verstaanbaarheid altijd menselijke factoren een rol, zowel aan de zijde van de spreker als van de luisteraar, terwijl we juist een maat wensen te verkrijgen die kan dienen als kwaliteitsbepaling voor uitsluitend het transmissiekanaal.

Er zijn twee wegen die tot een oplossing kunnen leiden. De klassieke werkwijze is het uitvoeren van verstaanbaarheidsmetingen waarbij de menselijke factor, ideaal gesproken, constant wordt gehouden. Het valt echter niet mee dit ideaal enigszins redelijk te benaderen, zeker niet wanneer men daarbij denkt aan onderlinge vergelijkbaarheid van metingen in verschillende landen of met grote tijdsintervallen. Wat is een 'standaard-spreker', of een 'standaardluisteraar', wat is een type tekst met een 'standaard-vertrouwdheid' bij de luisteraar? Men zoekt de oplossing in het gebruik van groepen sprekers en luisteraars, en het ontwikkelen van speciale woordlijsten. Op dit gebied komt de internationale normalisatie thans op gang. Het zal echter duidelijk zijn dat dergelijke metingen zeer arbeidsintensief zijn, nog afgezien van de vraag in welke mate de menselijke factor daarbij inderdaad als constant kan worden verondersteld.

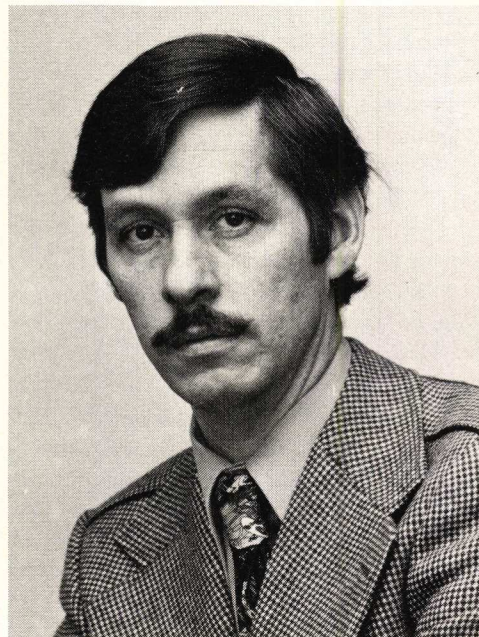
### Een fysisch alternatief

Een alternatieve weg voor het uitsluiten van de menselijke factor is het uitvoeren van fysische metingen aan het transmissiekanaal. Laten we dit met een voorbeeld toelichten. Gegeven tien mogelijke ontwerpen voor een transmissiekanaal. Welke daarvan is de beste? De bovengeschetste werkwijze, met sprekers en luisteraars, kan het antwoord geven.



*Dr. Ir. T. Houtgast studeerde aan de TH-Delft, Afdeling Technische Natuurkunde, en werkt sinds 1964 bij het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO in Soesterberg. Zijn werkterrein omvat uiteenlopende onderwerpen op het gebied van de auditieve perceptie.*

*Ing. H. J. M. Steeneken studeerde aan de H.T.S., studierichting elektronika, en trad in 1965 in dienst van TNO bij het Instituut voor Zintuigfysiologie. Hij houdt zich onder meer bezig met het beoordelen en evalueren van spraaktransmissiekanaalen zoals radioverbindingen, digitale verbindingen, telefoons en microfoons. Ook zaalakoestische problemen op dit gebied behoren tot zijn werkterrein.*



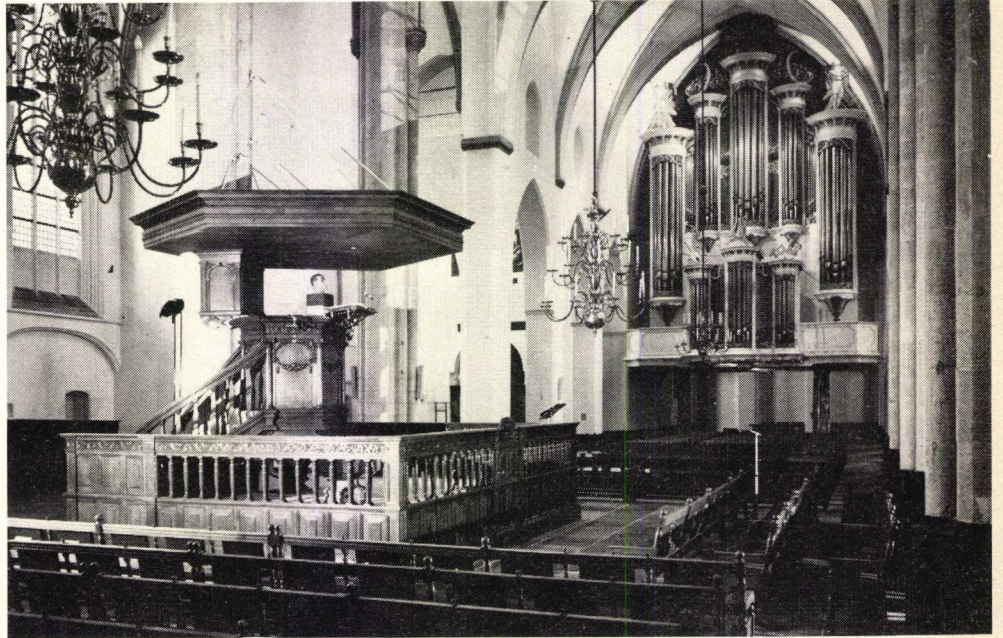
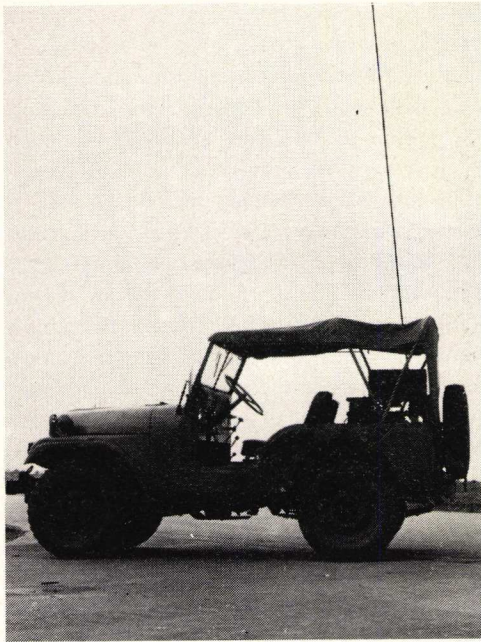


Fig. 1 Verschijningsvormen van spraak-transmissiekanalen.

De fysicus kan het probleem echter anders benaderen. Hij kan redeneren: de tien mogelijke kanalen zijn alle in principe *volledig* te specificeren in technische termen. Met andere woorden, het antwoord op de vraag welke de beste is *moet* te achterhalen zijn op grond van fysische metingen. Met deze principe-uispraak is het probleem echter geenszins opgelost, daar de vraag onbeantwoord blijft welke specifieke metingen dan wel gedaan moeten worden om juist die maat te verkrijgen die inderdaad 'maatgevend' is voor de invloed van een transmissiekanaal op de spraakverstaanbaarheid.

Het zoeken naar een antwoord op deze vraag is de moeite waard gezien het veelbelovende perspectief: de mogelijkheid om tijdrovende, altijd 'het-ideaal-slechts-benaderende' metingen met sprekers en luisteraars te vervangen door een 'harde' fysische meting, reproduceerbaar in tijd en plaats.

#### TV-testbeeld

Wat te meten aan een transmissiekanaal om een maat te krijgen voor de invloed daarvan op de spraakverstaanbaarheid? Het lijkt nuttig om eens na te gaan op welke wijze dit probleem wordt aangepakt op een terrein dat een zekere analogie vertoont met het onderhavige: het bepalen van de kwaliteit van apparatuur voor optische beeldverwerking. Hoe wordt de afbeeldingskwaliteit van bijvoorbeeld foto-apparatuur of TV-beelden fysisch vastgesteld?

Een nadere beschouwing van een TV-testbeeld is hiervoor illustratief. Daarop komen vaak lijnenpatronen voor met een variërende dichtheid, dat wil zeggen lijnen die steeds dichter naar elkaar toe lopen. De afbeeldingskwaliteit wordt bepaald door die lijndichtheid waarbij het patroon begint te vervagen doordat de individuele lijnen in elkaar overvloeien. Het behoeft geen betoog dat de mate waarin het lijnenpatroon dicht-

vloeit ook met behulp van fysische metingen kan worden vastgesteld. Dit nu illustreert een voor optische afbeeldingen algemeen gehanteerd principe: via het te onderzoeken systeem wordt een testbeeld afgebeeld bestaande uit een lijnenpatroon, of een ander goed gedefinieerd licht-donker patroon, met variërende fijnheid, waarbij door metingen exact kan worden vastgesteld wat de kwaliteit van de afbeelding is.

Fig. 2 Een groep luisteraars bezig met een klassieke verstaanbaarheidsmeting. Hiervoor worden speciale woordlijsten gebruikt, waarbij het percentage goed genoteerde woorden bepalend is voor de kwaliteit van het onderzochte transmissiekanaal.



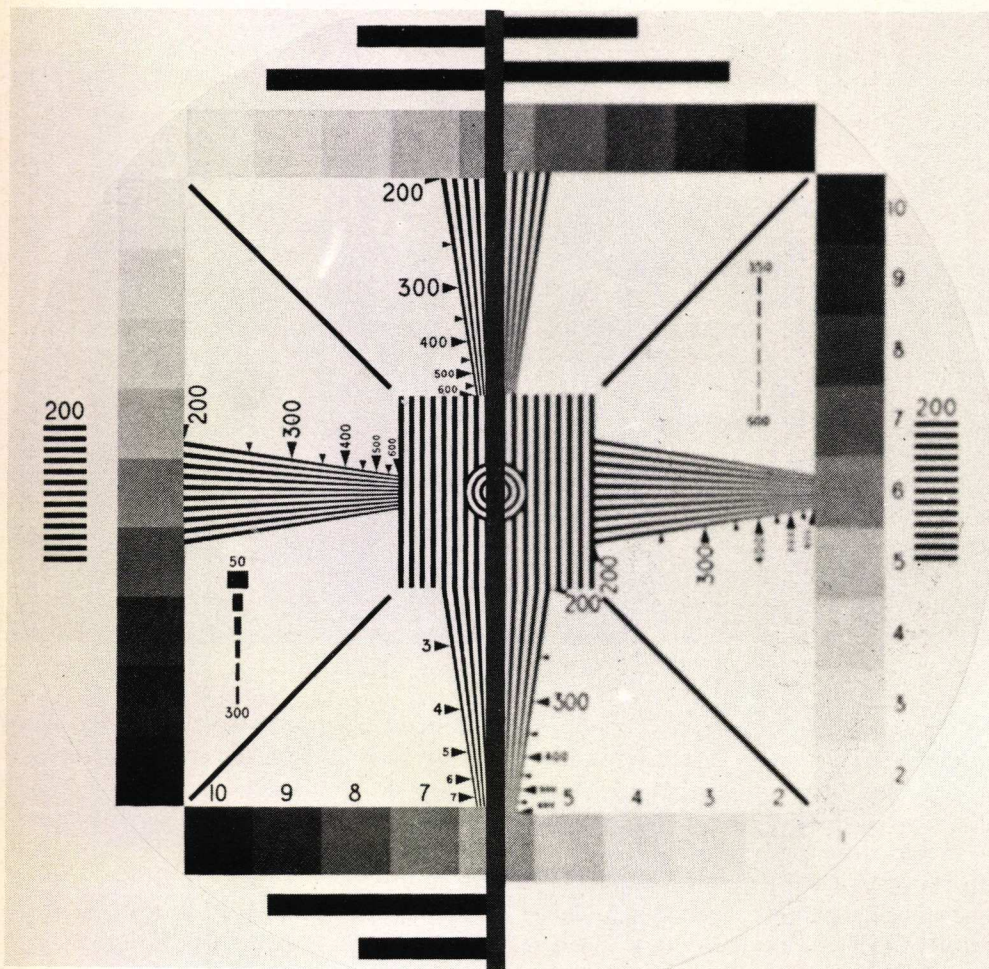


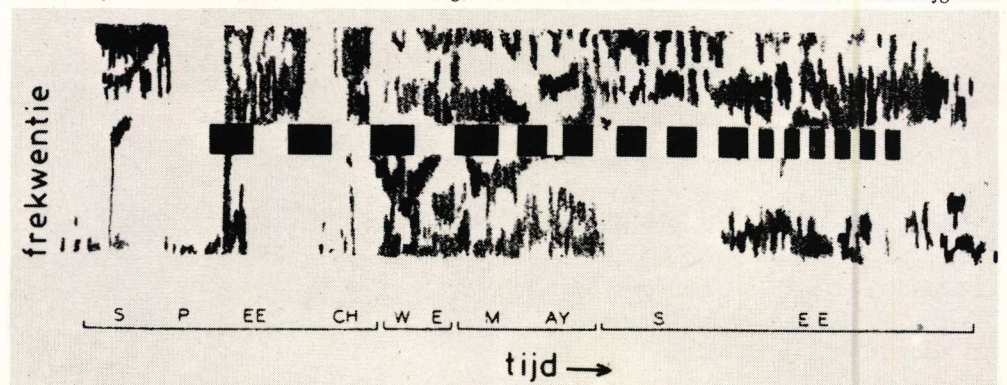
Fig. 3 Een testbeeld uit vroeger dagen, links scherp en rechts enigszins onscherp. Dit illustreert dat de kwaliteit van een afbeelding kan worden vastgesteld op grond van contrastmetingen binnen een lijnpatroon van variërende fijnheid.

#### 'Visible speech'

Kan dit principe ook worden toegepast voor het beoordelen van de kwaliteit van spraaktransmissiekanalen? Dat dit zeer wel mogelijk is kan worden geïllustreerd aan de hand van een manier van representatie van spraak die bekend staat als 'visible speech'. Dit is een afbeelding met horizontaal een tijd-as, vertikaal een frequentie-as, waarbij de verdeling van de geluidintensiteit over tijd en frequentie door zwarting wordt aangegeven. Elk woord levert op deze wijze een eigen karakteristiek plaatje op. Het lijkt aannemelijk dat de kwaliteit van een transmissiekanal kan worden vastgesteld door na te gaan in welke mate dit plaatje bepaald ná het kanaal een getrouwe afbeelding is van het plaatje bepaald vóór het kanaal, ofwel door het bepalen van de 'afbeeldingskwaliteit'. Dit kan, zoals gezegd, geschieden met een 'testbeeld' (nu: testsignaal) met een goed gedefinieerd standaardcontrast met variërende

'fijnheid' (nu: met variërend fluctuatieritme). De kwaliteit van het kanaal wordt bepaald door de mate waarin het contrast aan de ontvangzijde bewaard is gebleven. Bovenstaande illustreert het principe waarop

Fig. 4 Schematisch voorbeeld van 'visible speech', waarbij voor de aangegeven zin de verdeling van de geluidintensiteit over tijd en frequentie door zwarting is aangegeven. Door achtereenvolgens in een aantal frequentiegebieden het spraaksignaal te vervangen door een testsignaal met een variërende fijnheid (dus met variërend fluktuatieritme) kan uit contrastmetingen de kwaliteit van een transmissiekanal worden afgeleid.



het meetapparaat berust dat op het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO is ontwikkeld. Het produceert een testsignaal, dat kan worden toegevoerd aan een zgn. 'kunstspreker' of, indien slechts een onderdeel van een transmissieweg wordt getest, langs elektronische weg kan worden geïnjecteerd. Na transmissie via het te onderzoeken kanaal wordt het signaal weer teruggevoerd naar het meetapparaat. Dit kan op diverse wijzen, afhankelijk van de specifieke vraagstelling, bijvoorbeeld met behulp van een microfoon geplaatst in de oorschelp van een luisteraar. In het meetapparaat wordt bepaald in welke mate de in het oorspronkelijke testsignaal aangebrachte standaardfluctuaties bewaard zijn gebleven. Op grond daarvan wordt de kwaliteitsindex berekend. Het uitvoeren van een volledige meting duurt ca. één minuut. Het meetapparaat is mobiel uitgevoerd zodat ook metingen buiten het laboratorium kunnen worden uitgevoerd.

#### De juiste maat?

De geschetste analogie met de kwaliteitsbepaling voor optische afbeeldingen biedt natuurlijk geen garantie dat de door het meetapparaat aangegeven kwaliteitsindex inderdaad de juiste is. Bijvoorbeeld – terugkomend op de eerder genoemde groep van tien transmissiekanalen – is het inderdaad zo dat het kanaal met de hoogste index ook de beste verstaanbaarheid geeft met sprekers en luisteraars? De relevantie van de kwaliteitsindex dient experimenteel geverifieerd te worden.

De aanpak ligt voor de hand. Beschouw een verzameling van vele verschillende transmissiekanalen waarin een grote variëteit van verschillende typen storingen voorkomen, in

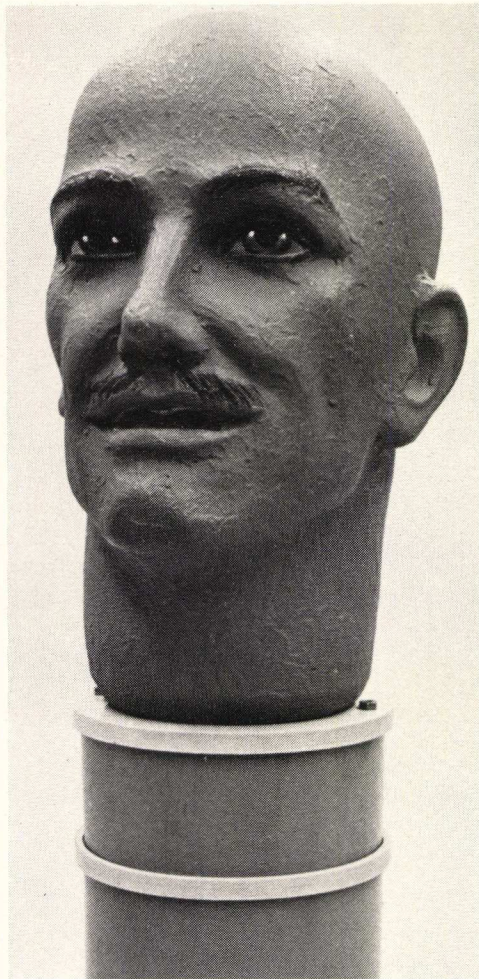


Fig. 5 Het testsignaal wordt langs elektronische weg samengesteld en kan met behulp van een 'kunstspreeker' worden geproduceerd.

diverse gradaties en in vele verschillende combinaties. Bepaal voor elk van deze kanalen de verstaanbaarheid, waarbij de menselijke factoren zo goed mogelijk constant worden gehouden door te werken met een vaste groep sprekers en luisteraars en een bepaald type woordmateriaal. Bepaal tevens voor elk kanaal de fysische kwaliteitsindex. De relevantie van de fysische index wordt nu bepaald door de mate waarin de rangorde van alle kanalen zoals bepaald door deze index overeenkomt met de rangorde bepaald door de verstaanbaarheidsmetingen. Een dergelijk experiment, waarbij ca. 200 verschillende transmissiekkanalen waren betrokken, is uitgevoerd. Het resultaat was zeer positief.

#### Toepassingen

Met het ontwikkelde meetapparaat kan op snelle en reproduceerbare wijze de kwaliteit

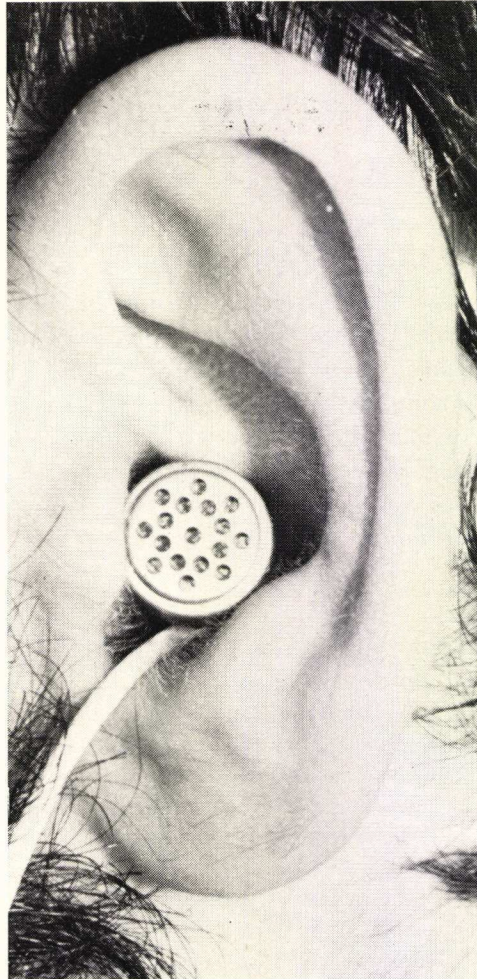


Fig. 6 Na transmissie dient het testsignaal teruggevoerd te worden naar de meetapparatuur. Dit kan geschieden met behulp van een microfoon geplaatst bij de gehooropening van een luisteraar.

van spraak-transmissiekkanalen worden vastgesteld, ongeacht de specifieke aard van die kanalen. Dit laatste betekent een breed toepassingsgebied, op alle terreinen waar spraakverstaanbaarheid van belang is. Enkele voorbeelden mogen dit illustreren: bij de optimale keuze van omroepinstallaties in gebouwen, op stations etc.; bij vragen betreffende de meest economische digitale opslag of verwerking van spraaksignalen, met behoud van verstaanbaarheid; bij het vaststellen van afstandbereiken van zend- en ontvangapparatuur; bij het vergelijken van de gevoeligheid voor omgevingslawaai van verschillende typen microfoons (hierbij wordt de reeds eerder genoemde 'kunstspreeker' toegepast).

Naast dergelijke directe toepassingen, in de sfeer van vergelijkend onderzoek, zijn er ook andere toepassingsmogelijkheden. Nu exact

vastligt welk type meting bepalend is voor de kwaliteit, kan vaak reeds in een ontwerpstadium van een transmissiekanaal enigszins voorspeld of berekend worden wat de waarde van de kwaliteitsindex zal zijn.

Dit betekent dat verschillende alternatieven reeds 'op de tekening' onderling kunnen worden vergeleken. Dit lijkt vooral goede toekomstperspectieven te hebben op het gebied van de zaalakoestiek.

Een ander interessant toepassingsgebied ligt op het terrein van de relatie fabrikant (ontwerper)-klant. Bijvoorbeeld, bij het ontwerpen van een omroepinstallatie kunnen eventuele problemen achteraf over het al-of-niet goed functioneren worden voorkomen door van te voren, bij de opdracht, de gewenste kwaliteit in objectieve (fysische) termen vast te leggen; dit kan na de installatie ondubbelzinnig worden geverifieerd.

Een belangrijke factor is in hoeverre de hier geschetste kwaliteitsindex in brede kring, ook internationaal, zal worden geaccepteerd. Dat zal de toekomst moeten leren.

Kopij ontvangen mei 1977

Fig. 7 De voor het bepalen van de kwaliteitsindex noodzakelijke apparatuur is samengebracht in een mobiele meeteenheid.

