

The difference between D_{sn} and D_{nn} is not significant, but D_{sn} differs significantly from zero ($p \leq 0.0001$).

6. Concluding remarks

With due regard to the limited scope of this investigation (only one speech spectrum applied), accurate calibration of sound levels measured with an artificial ear is made possible by using the correction factors D_{sn} and D_{nn} . Concerning sentence intelligibility, active mental participation is involved, so that the subjectively derived factor D_{sn} should be used. This means that the sound-pressure level of sentences presented under headphones will be known (in terms of free-field levels in dB re $2 \cdot 10^{-5}$ Pa) by measuring the level of the equivalent noise, preceding these sentences, with the flat-plate coupler, and by adding afterwards 2.6 dB to this level. If, on the other hand, signals not specifically related to speech perception are to be measured, it is recommended that the objectively derived correction factor D_{nn} be used.

Some secondary results from this experiment based on 10 young normal-hearing subjects are:

- (1) the monaural SRT in quiet is 15.2 ± 0.5 dB(A) (free-field condition);
- (2) the monaural SRT in noise, expressed in S/N ratio, is -6.5 dB;
- (3) the intelligibility-score increment near SRT is about 15 %/dB.

References

- Plomp, R. and Mimpen, A.M. (1979). "Improving the Reliability of Testing the Speech-Reception Threshold for Sentences," *Audiology* 18, 43-52.
- Shaw, E.A.G. and Thiessen, G.J. (1962). "Acoustics of Circumaural Earphones," *J. Acoust. Soc. Am.* 34, 1233-1246.
- Villchur, E. (1969). "Free-field calibration of earphones," *J. Acoust. Soc. Am.* 46, 1527-1534.

SAMENVATTING

In dit proefschrift wordt een systematisch onderzoek naar het spraak-verstaan van slechthorenden in praktijksituaties beschreven. Uitgangspunt vormde de vaak geuite klacht van slechthorenden, dat zij vooral moeilijkheden hebben met het verstaan van gesproken woord tegen een achtergrond van andere geluiden, zoals geroezemoes, een interfererende stem, verkeerslawaaï, etc. In ruimten met veel nagalm, zoals kerken en allerlei openbare gebouwen, ondervinden zij extra hinder. In deze situaties blijkt een hoortoestel weinig profijt op te leveren, waardoor vele gebruikers teleurgesteld zijn over hun toestel.

Een groot deel van het onderzoek was gericht op het testen van twee psychoakoestische modellen. Beide modellen benaderen het begrip spraak-verstaan in termen van signaal-ruisverhoudingen. Het ene model, de z.g. Spraak Transmissie Index (STI) van Houtgast en Steeneken (1973), maakt het mogelijk op kwantitatieve wijze het effect van nagalm op de spraak-verstaanbaarheid van slechthorenden te vervangen door het gelijkwaardige effect van een additionele ruiscomponent zonder nagalm. Het andere model, ontwikkeld door Plomp (1978), beschrijft de drempel voor het verstaan van spraak als functie van het niveau van storende achtergrondruis (zonder nagalm), met inachtneming van het effect van zowel slechthorendheid als hoortoestel. De drempel voor het spraakverstaan is gedefinieerd als het geluidsdruk-niveau (in dBA), waarbij 50% van een serie alledaagse korte zinnen correct wordt verstaan.

De modellen werden grotendeels getest aan de hand van drempels verkregen voor het beste oor bij 110 bejaarden (tests inclusief nagalm effecten). De test (zonder nagalm) naar het effect van een hoortoestel geschiedde met behulp van 50 slechthorende toestelgebruikers jonger dan 65 jaar. Bij alle tests werd als storende achtergrond een ruis ten gehore gebracht met hetzelfde geluidsspectrum als dat van de korte zinnen. Onder identieke testomstandigheden werden bij 30 jonge normaalhorenden eveneens de drempels gemeten ter verkrijging van referentiewaarden voor spraak-verstaan. Het blijkt, dat de combinatie van beide modellen een solide basis vormt voor kwantitatief onderzoek naar slechthorendheid in praktijk-situaties.

Ter uitbreiding van bovenstaande beperkte luisterconditie werd bij 20 bejaarden onderzocht in hoeverre de richting en het karakter van de stoorbron de grootte van het gehoorverlies mede bepalen. De stoorbron werd

links of rechts van de luisteraar onder een horizontale hoek van 90° gesitueerd en bestond uit of een storende spreker of een ruisbron met een geluidsspectrum gelijk aan dat van deze spreker. De korte, primaire zinnen werden recht vóór de luisteraar ten gehore gebracht. In dit experiment luisterden de proefpersonen met beide oren. Tien jonge normaalhorenden, die aan dezelfde test werden onderworpen, dienden als referentie.

Naast de drempel voor spraak werd bij alle proefpersonen eveneens de drempel voor zuivere tonen in stilte (toonaudiogram) gemeten zonder, en voorzover van toepassing, met hoortoestel. De 50 betrokken hoortoestellen werden bovendien electroakoestisch doorgemeten.

Hieronder zijn enige belangrijke resultaten uit het onderzoek naar slechthorendheid samengevat.

(1). Indien het gehoorverlies voor spraak tegen een achtergrond van ruis wordt uitgedrukt in termen van de verbetering van signaal-ruisverhouding (S/R), die voor de slechthorende nodig is om in dezelfde mate spraak te kunnen verstaan als normaalhorenden in dezelfde ruisconditie, kan dit gehoorverlies worden vertaald in een t.o.v. normaalhorenden verhoogde waarde voor de Spraak Transmissie Index (STI). Deze verhoogde STI-waarde voorspelt wat de invloed van een toename van de hoeveelheid nagalm op de spraakverstaanbaarheid van de slechthorende zal zijn. Bijvoorbeeld, als het gehoorverlies in ruis 6 dB bedraagt, vereist compensatie hiervan (zonder nagalm) een 0,2 grotere STI-waarde. De resulterende verhoogde STI-waarde voorspelt dan, dat de maximale nagalmtijd, waarbij de slechthorende onder zeer storingvrije luisteromstandigheden nog juist de helft van het gesprokene kan volgen, korter dan één seconde behoort te zijn.

(2). De STI kan vergroot worden zowel door de S/R-verhouding te verbeteren als door de nagalmtijd te verkleinen. In de meeste praktijksituaties is het vrijwel niet mogelijk om op directe wijze de S/R-verhouding zodanig te verbeteren, dat slechthorenden er voldoende baat bij vinden. In veel gevallen vormt dan het reduceren van de nagalmtijd een effectieve oplossing voor dit probleem. In het geval, dat de luisteraar zich in het indirecte geluidsveld van de spreker bevindt (zoals in klaslokalen en gehoorzalen), behoort de nagalmtijd voor iedere dB te behalen winst in S/R-verhouding met 25% verkort te worden, ofwel de reductiefactor bedraagt 0,75 per dB (bijv. 3 dB winst vereist reductie tot $0,75^3=42\%$ van de oorspronkelijke nagalmtijd). Als de luisteraar zich in het directe geluidsveld van de spreker bevindt (zoals in restaurants, foyers, e.d.) bedraagt de

benodigde reductie 18% per dB (reductiefactor 0,82). Dat een weliswaar kostbare reductie van de nagalmtijd, zeker in ruimten waar vaak bejaarden vertoeven, zinvol is blijkt hieruit, dat het aantal personen met een bepaalde mate van gehoorhandicap met 30% vermindert per dB winst in S/R-verhouding. Bijvoorbeeld: stel men is gehandicapt indien het gehoorverlies in ruis groter is dan 5 dB; op 75-jarige leeftijd heeft 35% der betrokkenen een verlies in ruis van meer dan 5 dB, en 25% een verlies groter dan 6 dB; een winst van 1 dB in S/R-verhouding betekent derhalve, dat het aantal gehandicapten zakt van 35% naar 25% (30% reductie).

(3). Het hoormodel van Plomp kan ieder gehoorverlies voor spraak afdoende karakteriseren door middel van twee verliescomponenten: een verliestype A, dat de geluidsverzwakking in het oor aangeeft, en een type D, dat de geluidsvervorming in het oor vertegenwoordigt. Type A is vooral hinderlijk bij zachte spraak in een rustige omgeving, terwijl type D vooral een handicap vormt voor het verstaan van spraak in geroezemoes. Het is absoluut noodzakelijk om beide typen gehoorverlies te meten om een juiste indruk van iemands gehoorverlies te verkrijgen. Uit regressie-analyse blijkt, dat bij bejaarden de verhouding tussen type A verlies en type D verlies in het algemeen 6:1 bedraagt (correlatie coëfficiënt van 0,62 met $N=102$). Type D verliezen zijn ondanks hun geringe grootte ernstig, wat onder andere hieruit blijkt, dat elke dB van een dergelijk verlies de zinsverstaanbaarheid in geroezemoes met ongeveer 18% vermindert.

(4). De experimenten, waarbij zowel de richting als het karakter van de stoorbron gevarieerd werden, wezen uit dat bejaarden in een aantal situaties ernstiger gehandicapt zijn dan het type D verlies aangeeft. Met name als de stoorbron een interfererende spreker is (in plaats van een diffuse ruis met dezelfde intensiteit), kunnen de bejaarden niet langer profiteren van de relatief stille intervallen tussen de woorden, terwijl jonge normaalhorenden hierbij een winst van ongeveer 7 dB behalen. Ook het verplaatsen van de stoorbron van recht vóór naar opzij van de luisteraar levert bij bejaarden 4 dB minder winst op dan bij normaalhorenden.

(5). Het hoormodel van Plomp beschrijft eveneens het effect van een hoortoestel op het verstaan van spraak met behulp van slechts twee variabelen: de versterking G, die een type A verlies kan compenseren, en de toestelvervorming S, die de toename in de drempel voor het spraakverstaan in geroezemoes tengevolge van de vervorming in het hoortoestel aangeeft en derhalve aan het type D verlies kan worden toegevoegd. Deze benadering van een hoortoestel blijkt voor uiteenlopende typen slechthorendheid (hoge

tonen -, gemengde -, en geleidingsverliezen) geldig te zijn, onafhankelijk van de versterkingskarakteristieken der toegepaste hoortoestellen. Bij de 50 onderzochte hoortoestellen werd een gemiddelde vervorming S van meer dan 1 dB geconstateerd. Dit betekent, dat slechthorenden in geroezemoes meestal geen baat van hun toestel zullen hebben, omdat dit toestel hun type D verlies in het geheel niet of in verwaarloosbare mate vermindert. De winst van een hoortoestel moet komen van een verkleining van het type A verlies. De trend om ook patiënten met een gering type A verlies en een aanzienlijk type D verlies (vaak personen met slechts matige verliezen voor zuivere tonen en met recruitment in het oor) een hoortoestel aan te passen, zal geen effect kunnen sorteren, gezien de beperkingen van de huidige toestellen ten aanzien van de benodigde S/R-verbetering.