

NEDERLANDS AKOESTISCH GENOOTSCHAP

DE RELATIE TUSSEN SPRAAKVERSTAAN EN TOONAUDIOGRAM BIJ SLECHTHORENDEHEID TEN GEVOLGE VAN LAWAAI EN DE BETEKENIS VAN DEZE RELATIE VOOR DE TOELAATBARE GELUIDEXPOSITIE

Dr. G.F. Smoorenburg

Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg
Laboratorium voor Experimentele Audiologie, Academisch Ziekenhuis,
Utrecht

THE RELATION BETWEEN SPEECH PERCEPTION AND TONE AUDIOGRAM WITH NOISE-INDUCED HEARING LOSS AND ITS SIGNIFICANCE FOR NOISE EXPOSURE LIMITS

Summary: Speech reception thresholds, both in quiet and in noise, and tone audiograms were measured for 14 normal ears (7 subjects) and 44 ears (22 subjects) with noise-induced hearing loss. The results show that a hearing loss criterion of 25 dB averaged over the losses at 500, 1000 and 2000 Hz implies a severe handicap. A better criterion is an average value of 15 dB for the losses at 1000, 2000 and 3000 Hz. The latter criterion implies a limit to daily noise exposure at $L_{eq} = 85 \text{ dB(A)}$.

1. Inleiding

Op 18 juni 1981 heeft de Minister van Sociale Zaken de Sociaal-Economische Raad advies gevraagd over zijn voornemen de wettelijke grens waarboven geluid schadelijk wordt geacht te stellen op 80 dB(A). Het ligt in de bedoeling genoemde grenswaarde op te nemen in de artikelen 179a en 184 van het Veiligheidsbesluit voor fabrieken en werkplaatsen. Voor de toepassing van deze wettelijke grens wordt in bestaande situaties een overgangsregeling van 10 jaar voorgesteld: gedurende de eerste 5 jaren kan genoeg worden genomen met 90 dB(A), in de tweede periode van 5 jaar met 85 dB(A). Met het verschijnen van deze adviesaanvraag is de problematiek van het op de arbeidsplaats toelaatbare geluidniveau weer volop in de belangstelling gekomen.

De vraag bij welk niveau geluid schadelijk moet worden geacht, kan men trachten te beantwoorden op basis van verschillende criteria. Men kan uitgaan van slechthorendheid ten gevolge van lawaai, van hinder door lawaai of algemener, van het effect van lawaai op gezondheid en welzijn. Wij beperken ons hier tot het criterium slechthorendheid. Daarbij richten wij ons in het bijzonder op de achteruitgang in het

spraakverstaan. Vanzelfsprekend kan men vanuit de ethiek van de gezondheidszorg niet anders stellen dan dat geen enkel schadelijk effect van lawaai toelaatbaar is. In de industrie, en ook daarbuiten, komen echter vaak hoge geluidsniveaus voor die moeilijk zijn terug te dringen. Gezien deze omstandigheden is het van belang aan te geven welke geluidsniveaus beslist ontoelaatbaar zijn. Naar onze mening is dit het geval wanneer blootstelling aan het geluid leidt tot slechthorendheid waarbij een merkbare achteruitgang in het spraakverstaan optreedt. Het spraakverstaan is één van de belangrijkste aspecten, zo niet het belangrijkste aspect, van de auditieve waarneming. Ook de Minister van Sociale Zaken hanteert in zijn adviesaanvraag het spraakverstaan als criterium. Het spraakverstaan wordt door ons bepaald in zowel een stille omgeving als in een lawaaiige omgeving. Met de studie van het spraakverstaan in een lawaaiige omgeving raken we op een specifieke wijze ook de problematiek van de hinder door lawaai.

Het ontstaan van slechthorendheid ten gevolge van lawaai is vrijwel steeds bestudeerd aan de hand van toonaudiogrammen en niet aan de hand van het spraakverstaan. Wanneer we nu op basis van de achteruitgang in het spraakverstaan willen aangeven boven welk niveau geluid schadelijk wordt, dan zouden we geholpen zijn met een relatie tussen het spraakverstaan en het toonaudiogram. Via deze relatie en het verband tussen toonaudiogram en lawaai-belasting kunnen we dan het niveau waarboven geluid schadelijk wordt aangeven. In dit artikel wordt het verband tussen spraakverstaan en toonaudiogram onderzocht voor 22 personen met een slechthorendheid ten gevolge van lawaai.

2. Proefpersonen en hun toonaudiogram

Onder de 22 proefpersonen met een lawaaislechthorendheid bevonden zich voornamelijk machinewerkplaatsarbeiders, piloten en schiet-instructeurs. Hun leeftijden lagen tussen 35 en 55 jaar. De leeftijdsgrens van 55 jaar werd aangehouden om de effecten van ouderdomsslechthorendheid zoveel mogelijk buiten deze studie te houden. Naast deze 22 proefpersonen namen ook 7 proefpersonen met een normaal gehoor (binnen ± 5 dB HL) aan het experiment deel. De normaalhorenden waren 18 tot 21 jaar oud en waren, evenals de andere 22 proefpersonen, geen getrainde luisteraars. De linker en rechter oren werden apart gemeten en als onafhankelijke gegevens verwerkt.

Toondrempels werden gemeten voor 9 frequenties in een vast volgorde: 3000, 4000, 6000, 8000, 12000, 2000, 1000, 500 en 250 Hz. Fig. 1 laat de gehoorverliezen zien die door de aangegeven percentages van de 44 oren werden overschreden. Deze verliezen zijn uitgezet ten opzichte van de mediane drempelwaarde van de 14 normale oren. Voor de helft van de oren wordt bij 4000-12000 Hz een verlies gevonden groter dan 60 dB, voor 9 oren is het verlies zelfs groter dan 80 dB. Tot 1000 Hz wordt weinig verlies gevonden.

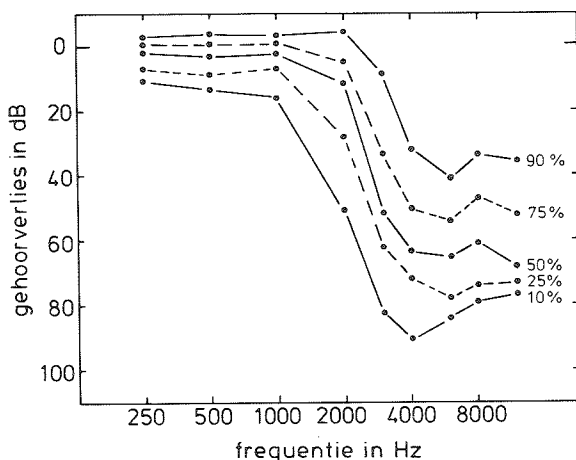


Fig. 1. Gehoorverlies dat wordt overschreden door 90%, 75%, 50%, 25% en 10% van de slechthorenden (44 oren).

3. Het spraakverstaan bij lawaaislechthorendheid

Het spraakverstaan werd gemeten volgens de door Plomp en Mimpen [1,2] ontwikkelde methode (zie ook de bijdrage van Plomp en Duquesnoy aan deze uitgave). De proefpersonen kregen via een hoofdtelefoon aan één oor eenvoudige zinnen aangeboden die uit acht of negen lettergrepen bestonden. Het geluidsniveau van de zinnen werd per zin in stappen van 2 dB gevarieerd volgens een procedure die convergeert naar het niveau waarbij 50% van de zinnen geheel correct wordt nagezegd. De zinnen werden aangeboden in stilte en met constant achtergrondgeruis op niveaus van 25, 40, 55 en 70 dB(A). De spectrale verdeling van het achtergrondgeruis was gelijk aan die van de zinnen. Met de meetmethode wordt een nauwkeurigheid bereikt van ongeveer 1 dB (standaarddeviatie). Deze nauwkeurigheid komt overeen met 15 tot 20% zinsverstaanbaarheid, d.w.z. dat rond de drempel een verhoging van het spraakniveau met 1 dB ten opzichte van het achtergrondniveau leidt tot een toename van 15 tot 20% in het aantal correct nagezegde zinnen.

Voor de normaalhorende proefpersonen vonden we in stilte een mediane spraakdrempel van 15,4 dB(A). De laagste drempelwaarde was 13 dB(A), de hoogste was 22 dB(A). Bij achtergrondgeruis van 40, 55 en 70 dB(A) bleek de spraakdrempel rechtstreeks af te hangen van het achtergrondniveau; het verschil tussen drempel en achtergrondniveau was ongeveer constant. De mediane waarde van dit verschil (gemiddeld over de condities 40, 55 en 70 dB(A)) voor de 14 normale oren was -5,5 dB. De laagste en de hoogste waarde waren -7,3 en -3,1 dB. Een zinsverstaanbaarheid van 50% wordt dus gevonden voor spraakniveaus die onder het achtergrondniveau liggen. Plomp en Mimpen [2] vonden in stilte en met achtergrondgeruis (van 40, 55 en 70 dB(A)) mediane drem-

pelwaarden van respectievelijk 19 dB(A) en -5,4 dB ten opzichte van het achtergrondniveau.

Bij een achtergrondniveau van 25 dB(A) bleek de spraakdrempel minder dan 5,5 dB onder het achtergrondniveau te liggen. Bij dit achtergrondniveau gaat de gevoeligheid van het gehoororgaan zoals die tot uiting komt in de drempel voor spraak in stilte ook een rol spelen. In het nu volgende beperken we ons daarom tot twee situaties: het verstaan van spraak in stilte met een drempel uitgedrukt in een absoluut geluidsniveau (dB(A) SPL) en het verstaan van spraak in achtergrondgeruis waarbij we de drempel geven relatief ten opzichte van het achtergrondniveau en gemiddeld over de condities 40, 55 en 70 dB(A).

Evenals bij het toonaudiogram presenteren we hier de gehoorverliezen voor spraak als verschillen tussen de spraakdrempels die voor lawaaislechthorendheid worden gevonden en de mediane drempel die voor de groep normaalhorenden werd gevonden. In Fig. 2 is het gehoorverlies voor spraak bij achtergrondgeruis uitgezet tegen het gehoorverlies dat wordt gevonden voor de spraakdrempel in stilte. De gehoorverliezen voor spraak in stilte blijken tussen 0 en 20 dB te liggen met een mediane waarde van 7,4 dB. Deze verliezen zijn niet ernstig; het spraakniveau in stilte ligt meestal op een waarde van ongeveer 50 dB(A). De gehoorverliezen voor spraak in achtergrondgeruis zijn daarentegen wel ernstig alhoewel ze slechts tussen 0 en 10 dB liggen met een mediane waarde van 3,7 dB. We illustreren de ernst van deze gehoorverliezen aan de hand van het volgende voorbeeld.

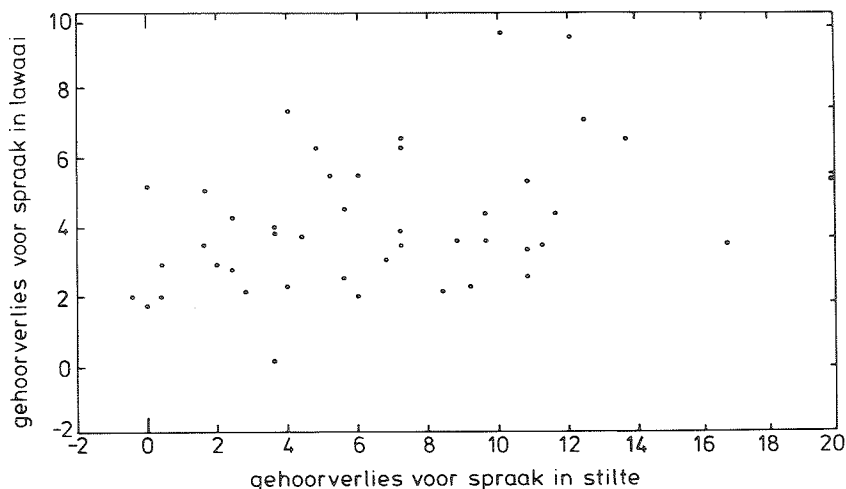


Fig. 2. Gehoorverlies voor het verstaan van spraak in achtergrondgeruis (lawaai) ten opzichte van het verlies voor spraak in stilte.

Bij een achtergrondniveau van 55 dB(A) praat men ook op ongeveer 55 dB(A) (geluidniveaus ter plaatse van de luisteraar). Voor normaalhorenden werd 50% zinsverstaanbaarheid gevonden wanneer het spraakniveau 5,5 dB onder het achtergrondniveau ligt. Is het spraakniveau gelijk aan het achtergrondniveau, zoals in ons voorbeeld het geval is, dan is de zinsverstaanbaarheid ongeveer 100%. Heeft men echter een gehoorverlies van 5,5 dB voor het verstaan van spraak in achtergrondgeruis dan wordt, wanneer het spraakniveau gelijk is aan het achtergrondniveau, slechts 50% zinsverstaanbaarheid bereikt. Dit verlies van 5,5 dB betekent dus een aanzienlijke handicap. In het algemeen moet voor ogen gehouden worden dat in kritische luistersituaties waarin normaalhorenden niet geheel of juist tot 100% zinsverstaanbaarheid komen, elke decibel gehoorverlies voor het verstaan van spraak in lawaai (elke decibel verhoging van de spraakdrempel) een achteruitgang in de zinsverstaanbaarheid betekent van 15 tot 20%.

Opvallend in Fig. 2 is dat de gehoorverliezen voor spraak in achtergrondgeruis en in stilte weinig correlatie vertonen. De correlatiecoëfficiënt is slechts 0,37. Dit betekent dat het gehoorverlies voor spraak in lawaai niet kan worden afgeleid uit de verhoging van de spraakdrempel die in stilte wordt gevonden. In de geneeskundige praktijk beperkt men zich echter vrijwel geheel tot de fluistertest of het opnemen van een spraakaudiogram in stilte. De resultaten van deze testen geven bij lawaaislechthorendheid dus geen indicatie van de handicap die iemand kan ervaren in situaties met omgevingslawaai!

4. De relatie tussen spraakverstaan en toonaudiogram

In Tabel I staan de correlatiecoëfficiënten vermeld die gevonden worden voor de verliezen voor het spraakverstaan ten opzichte van de verliezen in het toonaudiogram. Hierbij wordt weer onderscheid gemaakt tussen de gehoorverliezen voor het verstaan van spraak in stilte en die voor het verstaan van spraak in achtergrondgeruis. Naast de correlatiecoëfficiënten voor de gehoorverliezen bij de audiometrische frequenties worden ook correlatiecoëfficiënten gegeven voor twee verschillende audiometrische maten; n.l. het gemiddelde van de gehoorverliezen bij 500, 1000 en 2000 Hz en het gemiddelde over 1000, 2000 en 3000 Hz.

Hierboven constateerden we dat de gehoorverliezen voor spraak in stilte en die voor spraak in achtergrondgeruis weinig correlatie vertonen. Tabel I laat op dit punt ook weer een belangrijk verschil zien. De gehoorverliezen voor het verstaan van spraak in stilte blijken het hoogst te correleren met de verliezen bij 500 Hz in het toonaudiogram terwijl de verliezen voor het verstaan van spraak in achtergrondgeruis het hoogst correleren met de verliezen bij 2000 en 3000 Hz. Vaak wordt beweerd dat slechts het frequentiegebied van 500 tot 2000 Hz belangrijk is voor het spraakverstaan. Uit deze resultaten blijkt duidelijk dat de gehoorscherpste boven 2000 Hz ook belangrijk is, met name wanneer het gaat om het verstaan van spraak in lawaai. Lawaaidips, vaak boven 2000 Hz gelegen, zijn dus nadelig voor het spraakverstaan. Op grond van Fig. 1 kunnen we voorzichtig concluderen dat de hoge cor-

Tabel I. Correlatiecoëfficiënten voor de gehoorverliezen voor het spraakverstaan in stilte en in achtergrondgeruis (gemiddeld over de condities 40, 55 en 70 dB(A)) ten opzichte van de verliezen in het toonaudiogram.

audiometrische frequentie	stilte	achtergrond- geruis
250 Hz	0,45	0,08
500 Hz	0,63	0,07
1000 Hz	0,46	0,34
2000 Hz	0,26	0,71
3000 Hz	0,31	0,67
4000 Hz	0,17	0,53
6000 Hz	0,22	0,42
8000 Hz	0,15	0,39
12000 Hz	0,05	0,33
gem $\frac{1}{2}$, 1, 2 kHz	0,52	0,68
gem 1, 2, 3 kHz	0,37	0,74

relatie van het spraakverstaan in achtergrondgeruis met de verliezen bij 2000 en 3000 Hz betekent dat het spraakverstaan in lawaai in belangrijke mate bepaald wordt door de frequentie tot welke de lawaaidip zich in laag frequente richting uitstrekt.

Meer inzicht in de correlaties tussen de gehoorverliezen in het spraakverstaan en die in het toonaudiogram kunnen we verkrijgen met behulp van Fig. 3. In deze figuur zijn de gehoorverliezen in het toonaudiogram (Fig. 1) uitgezet als drempelverhogingen. De gestippelde curve (aangeduid met thr.) geeft voor normaalhorenden de spectrale verdeling aan van de zinnen op drempelniveau in stilte. Hierbij is verticaal uitgezet het niveau van tonen die juist gemaskeerd worden door deze spraak (de gemaskeerde drempel). Op deze wijze verkrijgen we een spraakniveau dat vergeleken kan worden met de drempels uit het toonaudiogram. Uit Fig. 3 blijkt dat de top in het spectrum bij ongeveer 500 Hz ligt. In de drempelsituatie komt dus veel spraakinformatie uit het gebied rond 500 Hz. Gehoorverliezen rond 500 Hz zullen het spraakverstaan in stilte dus aanzienlijk beïnvloeden. Dit kan de relatief hoge correlatiecoëfficiënt voor spraakverstaan in stilte en de verliezen bij 500 Hz verklaren.

Bij het verstaan van spraak in lawaai hebben we met een geheel andere situatie te doen. De spraakdrempel wordt gevonden op niveaus die ongeveer gelijk zijn aan het achtergrondniveau (gestreepte curven in Fig. 3). Tot 1000 Hz is de drempel zo laag dat deze niet van invloed zal zijn op de in het achtergrondgeruis aanwezige spraakinformatie. Dit is echter wel het geval voor die frequenties waarbij de gehoordrempel boven het spraak/achtergrondniveau ligt. Bij die frequenties worden spraak en achtergrondgeruis niet waargenomen en uit

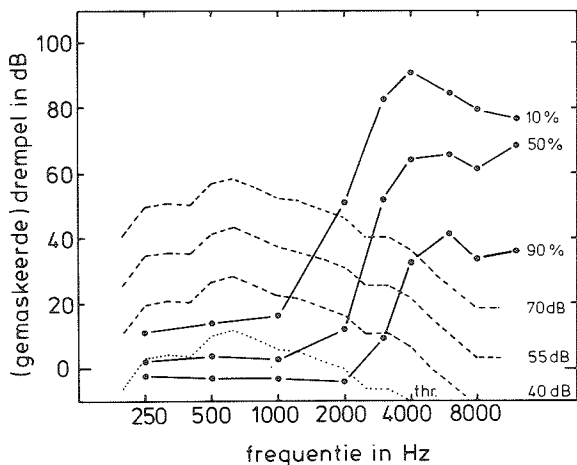


Fig. 3. Gehoorverlies dat wordt overschreden door 90%, 75%, 50%, 25% en 10% van de slechthorenden uitgezet als drempelverhoging (getrokken curven; vgl. Fig. 1) tesamen met de spectra van het achtergrondgeruis (gestreepte curven) en het spectrum van de spraak op drempelniveau in stilte voor normaalhorenden (gestippelde curve). Het aangegeven niveau van de spectra komt overeen met het niveau waarop tonen van de aangegeven frequentie juist hoorbaar worden in het spraakgeruis (de gemaskeerde drempel).

dit frequentiegebied kan dus ook geen bijdrage aan de spraakverstaanbaarheid worden verwacht.

Men zou de slechthorendheid ten gevolge van lawaai kunnen opvatten als een bandbreedtebeperking net zoals de bandbreedte bij de telefoon bijvoorbeeld begrensd wordt op 3000 Hz. In de communicatieleer zijn methoden ontwikkeld waarmee het effect van bandbreedtebeperking op de spraakverstaanbaarheid in lawaai kan worden berekend. Eén van deze methoden is gebaseerd op de Articulatie Index (AI) [3]. Wanneer we het spraakverstaan van personen met een slechthorendheid ten gevolge van lawaai voorspellen op basis van deze AI-methode onder de aanname dat de bandbreedte beperkt is tot aan de flank van de lawaaidip en dat in het frequentiegebied daaronder geen andere vervorming ten gevolge van de slechthorendheid optreedt, dan kunnen we een significant gedeelte van de verschillen in de spraakdrempels bij lawaai-slechthorendheid verklaren. De correlatiecoëfficiënt voor de berekende drempels ten opzichte van de gemeten drempels is echter slechts 0,66. Via deze weg verkrijgen we dus geen hogere correlatiecoëfficiënt dan wanneer de spraakdrempels direct gecorreleerd worden aan de verliezen in het toonaudiogram (Tabel I).

5. Het spraakverstaan in relatie tot twee audiometrische indices

Wanneer men met een enkel getal het gehoorverlies wil karakteriseren dan wordt vaak gebruik gemaakt van het gemiddelde van de verliezen bij de "spraakfrequenties" 500, 1000 en 2000 Hz. Deze index is niet in eerste instantie bedoeld om het gehoorverlies zoals dat in het audiogram tot uiting komt te karakteriseren. Uit Fig. 1 blijkt duidelijk dat de index dan beter gebaseerd kan worden op de verliezen bij 4000-6000 Hz. De $\frac{1}{2}$, 1, 2 kHz-index is bedoeld als maat voor het spraakverstaan. De American Academy of Ophtalmology and Otolaryngology (AAOO) bracht deze maat naar voren als een maat die goed correspondeert met het verstaan in alledaagse condities. Vervolgens werd deze maat overgenomen in ISO 1999 [4]. In Tab. I werden de correlatiecoëfficiënten gegeven voor het spraakverstaan in stilte en in achtergrondgeruis ten opzichte van deze maat. Fig. 4 toont de resultaten voor de 44 oren afzonderlijk.

In navolging van de AAOO wordt in ISO 1999 aangegeven dat men pas van gehoorschade kan spreken wanneer het gemiddelde van de verliezen bij $\frac{1}{2}$, 1 en 2 kHz groter is dan 25 dB. Fig. 4 laat zien dat dit overeenkomt met een gehoorverlies voor het verstaan van spraak in lawaai van 6 tot 10 dB. Dit betekent dat personen met het volgens ISO 1999 nog juist toelaatbare gehoorverlies geen enkele zin goed zullen verstaan in lawaaiige situaties waarin normaalhorenden alle zinnen nog juist wel goed kunnen verstaan. Het zal duidelijk zijn dat dit verlies volstrekt ontoelaatbaar is. Uit Fig. 4 blijkt ook dat bij slechts één oor een verlies wordt gevonden dat de ISO-grenswaarde overschrijdt terwijl de verliezen in het toonaudiogram (Fig. 1) aanzienlijk zijn.

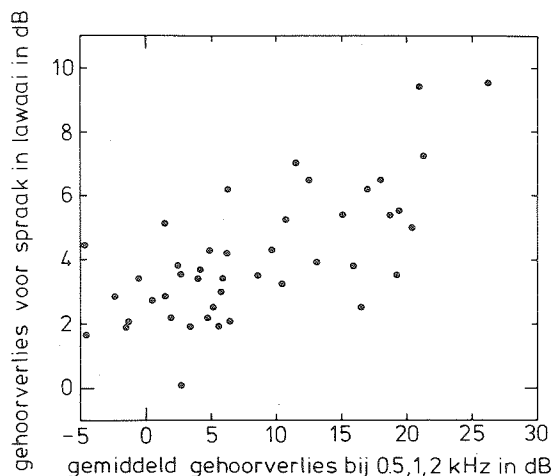


Fig. 4. Gehoorverlies voor spraak in achtergrondgeruis (lawaai) als functie van het gehoorverlies gemiddeld over 500, 1000 en 2000 Hz.

Men kan zich afvragen hoe een zo hoge grenswaarde in ISO 1999 voorgesteld kon worden. Hiervoor zijn twee oorzaken aan te wijzen. Ten eerste heeft de AAOO deze grens oorspronkelijk aangegeven in het kader van validiteitsbepalingen. Boven een gemiddeld verlies van 25 dB over $\frac{1}{2}$, 1 en 2 kHz ging men spreken van auditieve invaliditeit en kon men in aanmerking komen voor uitkeringen. Het is duidelijk dat men bij het vaststellen van het toelaatbare geluidsniveau zal trachten te voorkomen dat er door het lawaai gehoorverliezen ontstaan die deze uitkeringsgrens te boven gaan. Uit het oogpunt van preventieve gezondheidszorg is de grote handicap voor het verstaan van spraak in lawaai bij deze grens echter ontoelaatbaar. De tweede oorzaak ligt in het criterium dat werd gehanteerd: "hearing everyday speech under everyday conditions". Men ging er vanuit dat het spraakverstaan zonder omgevingslawaai het meest voorkomt en dat de grenswaarde daar dus op gebaseerd moest zijn. Het is interessant te constateren dat men met deze benadering zelf ook niet geheel tevreden was en dat de keuze "spraakverstaan in stilte" tevens werd ingegeven door het probleem dat men niet wist wat als representatief omgevingslawaai zou moeten worden aangemerkt [zie Glorig en Baughn, 5]. Wij hebben voor het achtergrondgeruis een spectrum gekozen gelijk aan dat van de zinnen en daarbij gedacht aan spraak of geroezemoes als een veel voorkomende vorm van omgevingslawaai.

Een tweede audiometrische maat waarmee het spraakverstaan werd gecorreleerd is het gemiddelde van de verliezen bij 1000, 2000 en 3000 Hz (Tab. I). Bij onderzoek naar de geluidsniveaus waarboven impulsgeluid schadelijk wordt heb ik in de zeventiger jaren reeds geconcludeerd dat de ISO-grenswaarde veel te hoog werd gekozen [6,7,8]. Er werd toen door mij uitgegaan van een grenswaarde van 15 dB gemiddeld over 1, 2 en 3 kHz. Deze grenswaarde ligt ruim 20 dB onder de ISO-grenswaarde. Naast de 10 dB verschil moet namelijk ook in aanmerking genomen worden dat de gehoorverliezen bij 3000 Hz veel groter zijn dan die bij 500 Hz. Op grond van de correlatiecoëfficiënten voor de twee samengestelde audiometrische maten in Tab. I is de keuze van de frequenties 1, 2 en 3 kHz in plaats van $\frac{1}{2}$, 1 en 2 kHz niet goed te verdedigen. Voor de praktijk is deze keuze echter veel beter omdat 15 dB gehoorverlies gemiddeld over 1, 2 en 3 kHz overeenkomt met minder dan 5 dB gemiddeld over $\frac{1}{2}$, 1 en 2 kHz en deze kleine gehoorverliezen worden vaak niet gemeten.

Uit Fig. 5 blijkt het gehoorverlies voor spraak in achtergrondgeruis bij een gemiddeld verlies van 15 dB over 1, 2 en 3 kHz 2 tot 4 dB te bedragen. Een verlies van 3 dB betekent een achteruitgang in zinsverstaanbaarheid van ongeveer 50%. Tevens betekent dit verlies dat men bij omgevingslawaai op 70 cm van een spreker moet staan om evenveel te verstaan als normaalhorenden op 1 m van de spreker. Tenslotte is dit het mediane verlies dat ten gevolge van ouderdomsslechthorendheid wordt gevonden bij mensen van gemiddeld 65 jaar [2]. Uit bovenstaande zal duidelijk zijn dat meer gehoorverlies ten gevolge van lawaai niet toelaatbaar is. De grens van 15 dB gemiddeld over 1, 2 en 3 kHz behoeft zelfs nog aanscherping maar de omvang van dit onderzoek is hiervoor te gering. Een vervolgonderzoek op tienvoudige

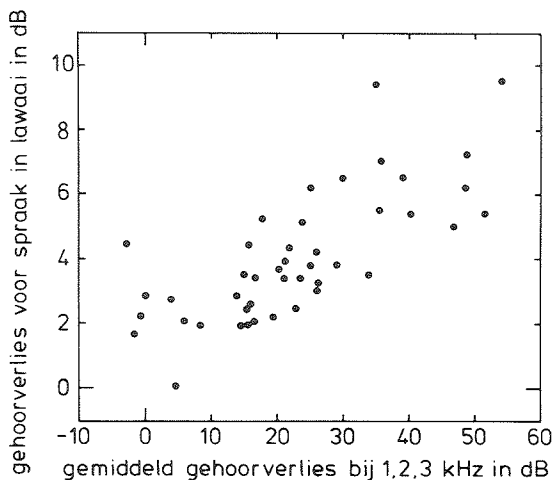


Fig. 5. Gehoorverlies voor spraak in achtergrondgeruis (lawaai) als functie van het gehoorverlies gemiddeld over 1000, 2000 en 3000 Hz.

schaal zal daarom in de nabije toekomst worden gestart. Fig. 5 laat ook nog zien dat bij een gemiddeld gehoorverlies van 0 dB over 1, 2 en 3 kHz toch nog verliezen in het spraakverstaan worden gevonden. Dit betekent dus dat ook gehoorverliezen uitsluitend boven 3000 Hz het spraakverstaan in lawaai nog nadelig beïnvloeden.

6. De toelaatbare geluidexpositie

De betekenis van de grenswaarde van 15 dB gemiddeld over 1, 2 en 3 kHz voor de toelaatbare geluidexpositie kan het best worden nagegaan aan de hand van het nieuwe concept van ISO 1999 (ISO/DIS 1999) [9]. In dit concept wordt een goede synthese gegeven van alle beschikbare dosis-effect relaties.

Volgens ISO/DIS 1999 (Annex A en B) wordt de grenswaarde van 15 dB, gemiddeld over 1, 2 en 3 kHz, reeds door ongeveer 50% van 60- tot 65-jarigen overschreden die niet aan lawaai zijn blootgesteld geweest. Al eerder vermeldden we dat door Plomp en Mimpen [2] voor 65-jarigen een mediaan gehoorverlies van ongeveer 3 dB voor het verstaan van spraak in lawaai werd gevonden. Deze twee gegevens tesamen komen goed overeen met onze conclusie dat 15 dB gehoorverlies, gemiddeld over 1, 2 en 3 kHz, correspondeert met een gehoorverlies van ongeveer 3 dB voor het verstaan van spraak in lawaai. Vergelijken we nu het percentage overschrijdingen van de grenswaarde ten gevolge van ouderdoms-slechthorendheid (ongeveer 50%) met het percentage overschrijdingen dat wordt gevonden wanneer men 40 jaar lang tijdens de arbeid is blootgesteld geweest aan lawaai van 85 dB(A) dan blijkt dit laatste

percentage volgens ISO/DIS 1999 5 à 6 punten hoger te liggen. Deze toename is significant. Volgens de huidige evaluatiemethodiek betekent dit een significant risico.

Als bezwaar tegen de huidige evaluatiemethodiek is aan te voeren dat men weliswaar een significante toename in het percentage overschrijdingen van de grenswaarde kan constateren maar dat het gehoorverlies alleen ten gevolge van de blootstelling aan lawaai dan nog zeer beperkt kan zijn. Na 40 jaar expositie aan lawaai van 85 dB(A) bijvoorbeeld is de mediane waarde van het door lawaai veroorzaakte gehoorverlies volgens ISO/DIS 1999 slechts 2 dB (gemiddeld over 1, 2 en 3 kHz). Een kleine toename ten gevolge van blootstelling aan lawaai in een gehoorverlies dat grotendeels moet worden toegeschreven aan de leeftijd kan het totale verlies dus juist boven de grenswaarde brengen. Wanneer men echter niet uitgaat van het percentage overschrijdingen van de grenswaarde maar van de grootte van het gehoorverlies dan moet men letten op de groep met de grootste verliezen. Voor 5% van de aan lawaai van 85 dB(A) blootgestelde personen bedraagt het gehoorverlies, gemiddeld over 1, 2 en 3 kHz, 3,6 dB of meer hetgeen overeenkomt met een gehoorverlies voor het verstaan van spraak in lawaai van 0,5 dB of meer ofwel met een achteruitgang in de zinsverstaanbaarheid van 10% of meer. Deze achteruitgang treft mensen die door ouderdomsslechthorendheid reeds gehandicapt zijn in hun spraakverstaan.

Bovenstaande overweging en de huidige evaluatiemethodiek leiden ons tot de conclusie dat het toelaatbare geluidniveau beslist niet hoger gesteld mag worden dan 85 dB(A). Tevens verdient het aanbeveling te streven naar een niveau van 80 dB(A). Bij langdurige blootstelling aan lawaai van 80 dB(A) vindt men ten gevolge van het lawaai praktisch geen gehoorverliezen meer op 1, 2 en 3 kHz.

Literatuur

- [1] Plomp, R. and Mimpen, A.M. (1979). Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. *Audiology* 18, 43-52.
- [2] Plomp, R. and Mimpen, A.M. (1979). Speech-reception threshold for sentences as a function of age and noise level. *J. Acoust. Soc. Amer.* 66, 1333-1342.
- [3] Kryter, K.D. (1970). *Effects of Noise on Man*. Academic Press Inc. New York, Ch. 4.
- [4] ISO 1999 (1975). *Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes*.
- [5] Glorig, A. and Baughn, W.L. (1973). Basis for percent risk table. *Proc. Int. Congr. on Noise as a Public Health Problem*. Superintendent of Documents, U.S. Government Printing office, Washington DC, 79-102.

- [6] Smoorenburg, G.F. (1977). Grenswaarden voor impulsvormige geluid-belasting ter voorkoming van gehoorverliezen. Rapport Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, IZF 1977-19.
- [7] Smoorenburg, G.F. (1979). Gehoorschade door impulsgeluid. T. Soc. Geneesk. 57, Suppl. 1, 21-26.
- [8] Smoorenburg, G.F. (1982). Damage risk criteria for impulse noise. New Perspectives on Noise-Induced Hearing Loss (R.P. Hamerink, D. Henderson, R. Salvi, Eds.). Raven Press, New York, 471-490.
- [9] ISO/DIS-1999 (1981). Acoustics-determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.