

## Toelichting op het proefschrift

### Op weg naar een 'slim' hoortoestel voor ernstig slechthorenden

#### Waar dit proefschrift over gaat

In dit proefschrift wordt een onderzoek beschreven waarin getracht is een oplossing te vinden voor een probleem waar veel ernstig slechthorenden mee te kampen hebben: een sterk verminderd vermogen om spraak te verstaan. De huidige hoortoestellen hebben als voornaamste functie het versterken van (spraak)geluid, zodat men weer gaat *horen*, maar bieden in het geval van ernstige slechthorendheid geen oplossing voor het verbeteren van het spraak*verstaan*. Ernstig slechthorenden zijn hiervoor sterk afhankelijk van liplezen; het hoortoestel dient vaak slechts als ondersteuning van het liplezen.

In een onderzoek van de afdeling KNO/Experimentele Audiologie van het Academisch Ziekenhuis Utrecht is onderzocht hoe deze ondersteunende functie van het hoortoestel geoptimaliseerd kan worden. Uitgangspunten hierbij waren: (1) de informatie die in het spraakgeluid zit, en (2) de informatie die een zeer slecht gehoor kan verwerken. Door nu het spraakgeluid zodanig aan te passen dat alleen de informatie die verwerkt kan worden ook daadwerkelijk gebruikt wordt (al het andere wordt weggegooid) kan een efficiëntere ondersteuning van het liplezen bereikt worden. Uiteindelijk zou deze aanpak moeten resulteren in een hoortoestel dat spraakgeluid niet alleen versterkt, maar op een 'slimme' manier ontleedt en bewerkt. Een dergelijk *spraakbewerkend hoortoestel* neemt dan als het ware een stukje verstaan van de slechthorende over.

Het in dit proefschrift beschreven onderzoek is bedoeld als een eerste fase: niet de ontwikkeling van een toestel stond centraal, maar de omschrijving van een bewerkingsmethode van spraak die mogelijk in de vorm van een hoortoestel toepasbaar is.

Deze toelichting is speciaal bedoeld voor lezers die geïnteresseerd zijn in het onderwerp, maar die weinig of in het geheel niet vertrouwd zijn met het soort onderzoek dat wordt uitgevoerd. Ze belicht voornamelijk de achtergronden van het onderzoek, zonder al te veel in te gaan op alle technische details. Het doel is om vooral de grote lijnen zichtbaar te maken: waar was het onderzoek voor bedoeld, wat heeft het opgeleverd, en wie heeft er uiteindelijk wat aan?

## Slechthorendheid: verzwakking en vervorming

Slechthorendheid uit zich in de eerste plaats in het feit dat alle geluiden zachter doordringen. Dit probleem wordt aangeduid met de term *verzwakking* (alle geluiden komen verzwakt door). Hoe erger de slechthorendheid, hoe groter het probleem om alle omringende geluiden (verkeer, radio, gesproken woord, wekker, deurbel) waar te nemen. Voor het oplossen van dit probleem kan de slechthorende gebruik maken van hulpmiddelen, van zeer eenvoudige (hand achter het oor, tv harder zetten, aan de spreker vragen om harder te praten) tot zeer gecompliceerde (signaleringen door middel van lichtflitsen in plaats van geluid, allerlei soorten moderne hoortoestellen). Wanneer verzwakking het enige probleem is dan helpt een hoortoestel meestal goed, terwijl vaak ook relatief eenvoudige operaties mogelijk zijn.

Naast verzwakking kan een bijkomend fenomeen optreden, aan te duiden met de term *vervorming*. De waargenomen geluiden kunnen vervormd klinken, "doffer" of "onduidelijk zoals wanneer de radio net verkeerd staat afgestemd". Het is een vorm van slechthorendheid die, bij grotere gehoorverliezen, meestal veel vervelender effecten dan verzwakking heeft. In die gevallen helpt versterking door harder praten of door gebruik van een hoortoestel alleen maar om het geluid weer hoorbaar te maken; het karakter van het geluid blijft echter vervormd. Dit houdt in dat de slechthorende op een gegeven moment de spreker wel hoort, maar niet verstaat - hoe hard er ook gesproken wordt. Deze vervormingscomponent kan met geavanceerde hoortoestellen slechts ten dele worden bestreden. Operatief ingrijpen is niet mogelijk.

Wanneer de vervormings-slechthorendheid - we spreken dan over *perceptieve slechthorendheid* of *perceptief gehoorverlies* - zeer ernstige vormen aan gaat nemen, dan is het voor de persoon in kwestie vaak heel moeilijk om het gesproken woord nog te kunnen verstaan. Zoals gezegd, het versterken van het geluid via een hoortoestel maakt het geluid vooral beter hoorbaar, maar niet veel beter verstaanbaar. Om het verminderde *spraakverstaan* te compenseren moet de slechthorende het gesproken woord van de lippen van de spreker aflezen. Dit *liplezen* is bepaald geen gemakkelijke klus; uit het zichtbare spraaksignaal zijn nu eenmaal veel minder 'klanken' af te leiden dan uit het hoorbare spraaksignaal (de geheim agent die in de andere hoek van de donkere en rokerige nachtclub twee verdachte lieden ziet praten over een uit te voeren staatsgreep bestaat echt alleen maar in Hollywood-films). Wanneer het gehoor ernstig is aangetast, is liplezen echter vaak de enige manier om nog iets van de boodschap mee te krijgen. In vergelijking met de normale gesproken communicatie lijkt de situatie bij grote

gehoorverliezen net andersom te zijn: normaal is horen het belangrijkste en liplezen kan soms een ondersteuning zijn ("Nee meneer, ik heet van Son, niet van Som"), maar bij een ernstig gehoorverlies is het liplezen vaak het belangrijkste en levert het geluid een ondersteuning. Dit houdt tevens in dat, wanneer liplezen onmogelijk is, in feite de gesproken communicatie ook onmogelijk wordt: telefoneren lukt dus niet, net zomin als lekker kletsen in een gezellig donker hoekje van de kroeg.

### Het verstaan van spraak - hoe doen we dat ?

Blijkbaar is ons gehoorsysteem niet alleen bedoeld of geschikt om te *horen*, maar ook om te *verstaan* en uiteindelijk te *begrijpen* wat er gezegd wordt. Hoe gaat dit spraakverstaan in zijn werk ?

Globaal gesproken kan het gehoororgaan in drie delen opgesplitst worden. Het eerste deel, bestaande uit oorschelp, gehoorgang, trommelvlies en drie kleine gehoorbeentjes, vangt het geluid op en versterkt het. Het tweede deel rafelt elk geluid uiteen in een aantal afzonderlijke signalen en stuurt die door naar de hersenen. Dit deel bestaat uit het binnenoor (wegens zijn vorm ook wel slakkehuis genoemd) en de gehoorzenuw. Het derde deel is het gehoorcentrum in de hersenen zelf: hier worden de afzonderlijke signalen weer gecombineerd tot zinvolle informatie, zodat de geluiden worden geïnterpreteerd. De hersenen zorgen er dus voor dat de boodschap begrepen wordt, dat de autotoeter als een waarschuwing wordt opgevat of dat muziek als muziek in de oren klinkt (wanneer het tenminste geen *house* is).

De mensen waar het onderzoek in dit proefschrift voor bedoeld was hebben een sterk verminderde functie van het binnenoor: ze hebben daardoor problemen met het uiteenrafelen (*analyseren*) van alle binnenkomende geluiden. De meeste geluiden om ons heen zijn samenstellingen van allerlei verschillende tonen. De samenstelling is zodanig dat we de geluiden als een geheel waarnemen, en niet als afzonderlijke toontjes. Dit geldt ook voor spraakgeluiden, ofwel voor de verschillende klanken (klinkers en medeklinkers) die elke taal kent. De klanken klinken verschillend omdat ze zijn samengesteld uit verschillende tonen. Iedereen kan dit voor zichzelf makkelijk controleren door bv. afwisselend een langgerekte *ssssss* en een lang gerekte *shshshsh* uit te spreken: de *ssssss* klinkt veel hoger omdat er meer hoge tonen in de samenstelling zitten.

Een goed functionerend gehoor neemt de kleine verschillen tussen klanken waar. Hierdoor kan een goedgehoorde alle spraakklanken van het Nederlands onderscheiden. Wanneer iemand echter ernstig slechthorend

is, en het probleem ligt in het binnenoor, dan zijn de kleine verschillen tussen spraakklanken vaak niet meer hoorbaar. Het gevolg is dat veel spraakklanken op elkaar gaan lijken, of dat ze als het ware door elkaar gaan lopen: ze worden verweven tot een grote brij. Een goedgehoorde kan zich er moeilijk een voorstelling van maken hoe dat klinkt. Een medische ingreep is uitgesloten: een eenmaal aangetast binnenoor is niet te herstellen door een operatieve ingreep, noch met behulp van medicijnen. En zoals gezegd, met de bestaande hoortoestellen wordt dit probleem nauwelijks opgelost.

### **Een oplossing: liplezen met *minder* maar wel *betere* informatie**

Spraakverstaan wordt dus bemoeilijkt omdat het gehoor de verschillen tussen veel spraakklanken niet meer aan kan. Ofwel: het spraaksignaal bevat veel informatie waar de slechthorende weinig of niets mee kan doen. Het idee achter de oplossing voor het probleem is eigenlijk simpel: als het binnenoor niet zoveel informatie tegelijk aan kan, moet die hoeveelheid verminderd worden. En als het binnenoor de kleine verschillen tussen spraakklanken niet verwerkt, dan moeten die verschillen zo mogelijk maar duidelijker gemaakt worden. Dit betekent: *minder* informatie aanbieden, maar wat er wordt aangeboden moet *beter* waarneembaar zijn. Het nieuwe hoortoestel biedt de ernstig slechthorende liplezer als het ware een nieuw klanksysteem voor het Nederlands aan.

Natuurlijk is zo'n toestel geen futuristische wondermachine die het spraakverstaan ineens weer mogelijk maakt. Het dient vooral om de slechthorende beter te helpen bij het liplezen of spraakafzien, beter dan nu mogelijk is met een gewoon hoortoestel. De slechthorende zal nog steeds moeten liplezen om een gesprek te kunnen voeren, maar een aantal dingen die echt niet te onderscheiden zijn bij liplezen zou het toestel hoorbaar kunnen maken. Simpel gezegd: wat je niet kunt horen moet je liplezen, wat je niet kunt liplezen moet je kunnen horen. Twee voorbeelden zullen dat illustreren.

In woorden als 'fuiven', 'suisen' of 'gesjacher' komen de Nederlandse *ruis-* of *sisklanken* voor: *f*, *v*, *s*, *z*, *g*, *sj* of *ch*. De verschillen tussen de meeste sisklanken zijn klein, en veel slechthorenden horen dan ook geen verschillen tussen bv. 'sjaal' en 'zaal', tussen 'zet' en 'set' of tussen 'zuil' en 'vuil'. In sommige gevallen zijn de klankverschillen wel te liplezen: kijk in de spiegel voor het verschil tussen 'zuil' en 'vuil' of 'refter' en 'rechter'. De onhoorbare verschillen tussen deze klanken zijn voor de gemiddelde liplezer geen onoverkomelijk probleem. Voor de niet-zichtbare verschillen, echter, zou een bewerking van het geluid een

mogelijke oplossing zijn. Het toekomstige hoortoestel zou bv. de *sj*, *ch* of *g* om kunnen zetten in een soort zoemtoon, zodat de slechthorende dan beter het verschil hoort tussen een scherpe sisklank *s* en de zwaardere zoemklanken *sj*, *ch* en *g*. Op die manier kunnen 'shop' en 'sop', 'recht' en 'rest' of 'lachen' en 'lassen' makkelijker uit elkaar gehouden worden.

Een tweede voorbeeld. De klinkers *ie* en *uu* klinken voor veel slechthorenden gelijk; hetzelfde geldt voor *oe* en *oo*. Toch worden de woorden 'vier' en 'vuur' bijna nooit met elkaar verward, omdat ze met liplezen makkelijk te onderscheiden zijn. Anders ligt dat met 'roet' en 'rood' - het mondbeeld lijkt sterk op elkaar. Om deze woorden uit elkaar te houden hoeft de luisteraar bij 'vier' en 'vuur' alleen maar goed te kijken, maar bij 'roet' en 'rood' zou het spraakgeluid uit het toestel kunnen helpen. Wederom zou het toestel het verschil hoorbaar kunnen maken door bv. de *oe* als een zwaardere zoemtoon te laten klinken.

### Gecodeerde spraak herken je niet zonder oefenen

Hoortoestellen kunnen we tegenwoordig onder de *hi-tech* apparatuur scharen. In het spraakbewerkende hoortoestel komt in feite een miniatuurcomputertje te zitten. Dat apparaatje herkent het binnenkomende spraakgeluid, gooit de storende informatie weg en zet de belangrijke informatie om in goed te onderscheiden spraakklanken. Omdat een computer het werk doet, kan de spraak in de meest vreemde klanken worden omgezet. Technisch is er geen enkele beperking. Maar de vraag is natuurlijk: kan iemand die vreemde klanken ooit begrijpen?

In andere talen dan het Nederlands komen andere klanken voor. Het Vlaams klinkt anders, maar heeft zeer herkenbare klanken. Duits en Engels hebben al weer wat meer andere klanken, maar veel klanken lijken ook op het Nederlands. Luisteren we echter naar Russisch of Arabisch, dan horen we allerlei voor ons heel vreemde klanken. Toch leren veel Nederlanders vreemde talen, ook Russisch, Arabisch, Japans of Indonesisch. Als een spraakbewerkend hoortoestel dus een gedeeltelijk nieuw klanksysteem voor het Nederlands maakt, dan moet dat ook te leren zijn. Dit betekent dat het aanmeten van een spraakbewerkend hoortoestel wat anders is dan het aanmeten van een gewoon hoortoestel. Het is geen kwestie van een keer naar het *Audiologisch Centrum* stappen en vervolgens bij de hoortoestellenverkoper (de audicien) het hoortoestel laten aanpassen. De slechthorende die in aanmerking komt voor een spraakbewerkend hoortoestel zal moeten leren omgaan met het toestel en met het nieuwe geluid; hij of zij zal als het ware het nieuwe

klanksysteem moeten leren interpreteren. Bij het aanpassen van het hoortoestel hoort dus een oefenfase, waarin men in een aantal sessies met een hoortherapeut leert hoe het bewerkte geluid past bij het mondbeeld dat men ziet van degene waarmee men spreekt.

### Liplees- en luisterproeven

Tot zover de achtergronden - even terug nu van de toekomst naar het huidige onderzoek. Tot nu toe is gesproken over het veranderen van klanken, opbouwen van een nieuw klanksysteem enzovoorts alsof het de gewoonste zaak van de wereld is. Maar het grote probleem is: hoe weten we als onderzoekers nu op welke manier we zo'n nieuw klanksysteem moeten creëren? Het is natuurlijk onzin om zomaar wat te proberen en als het niet lukt zeggen: jammer, volgende keer beter. Op die manier kunnen we lang bezig zijn. Juist aan deze vraag - hoe vinden we uit wat we precies moeten doen? - is het grootste deel van het onderzoek besteed.

Voor het antwoord op die vraag hebben we in het eerste deel van de vier jaar verschillende liplees- en luisterproeven gedaan, vooral bij proefpersonen met een groot gehoorverlies. We zijn daarin nagegaan welke klanken de proefpersonen wél en welke ze juist níet konden waarnemen of van elkaar konden onderscheiden. Op die manier zijn we bijvoorbeeld te weten gekomen dat wanneer mensen liplezen ze zeer goed in staat zijn om het verschil tussen getuite lippen zoals in het woord *vuur* en gespreide lippen zoals in *vier* te zien. Of het verschil tussen lippen op elkaar en lippen van elkaar: *paard* of *haard*. Sommige dingen zijn niet of nauwelijks te zien, bv. klemtoon ("Jan is ziek, niet Piet" of "Jan is ziek, niet weg"). Maar: klemtoon is wel goed te horen, zelfs al heeft iemand een groot gehoorverlies. Uit de experimenten hebben we dus kunnen afleiden wat mensen kunnen liplezen en wat niet, en wat ze nog kunnen horen en wat juist niet. In de dagelijkse communicatie is het meestal geen kwestie van óf liplezen óf luisteren; vaak is het zo dat juist uit de combinatie van liplezen en luisteren kan worden opgemaakt wat er gezegd wordt. Het combineren van klank en mondbeeld is dus van groot belang.

In het tweede deel van het onderzoek hebben we de proef op de som genomen. Met de resultaten van de eerdere proeven in de hand hebben we eerst een paar verschillende methoden van spraakbewerking ontwikkeld. Vervolgens hebben we een video-opname gemaakt van iemand die een grote lijst losse klinkers en eenvoudige zinnen voorlas. Het geluid van de videoband hebben we daarna met behulp van een

computer bewerkt. Tenslotte hebben we de videobanden met het nieuwe geluid voorgelegd aan een groep slechthorende proefpersonen, die niets anders hoefden te doen dan na te zeggen wat ze meenden te horen en zien. Als vergelijking hebben we hun ook de oorspronkelijke videoband laten zien en horen. Na afloop van dit experiment hebben we gekeken hoeveel van de klinkers en zinnen goed zijn waargenomen, zodat we een score konden berekenen. Door nu een vergelijking te trekken tussen de scores met het bewerkte geluid en scores met het gewone geluid konden we tenslotte zeggen of onze aanpak al dan niet succesvol is geweest.

### En wat heeft het onderzoek nu opgeleverd ...?

En dus was de grote vraag: kunnen mensen wat met die veranderde spraak? Is het beter of slechter dan het gewone spraakgeluid? Zijn we erin geslaagd tot een oplossing te komen? En zo ja, voor wie kan de ontwikkeling van belang zijn?

Onderzoekers hebben de neiging voorzichtig te zijn; wij zeggen daarom ook: voorlopig hebben we nog niet heel goede resultaten bereikt, maar we hopen verder te kunnen gaan met het onderzoek. We hebben onze methode van geluidaanpassing vergeleken met een geluid dat via een gewoon hoortoestel wordt doorgegeven, en voor de meeste (ernstig slechthorende) proefpersonen bleef het gewone geluid toch het beste, hoewel het verschil met de nieuwe geluiden gering was. Voor een paar proefpersonen bleek het nieuwe geluid echter beter te voldoen dan het gewone geluid, maar ook hier was het verschil niet groot. Het lijkt er dus op dat we voorlopig nog niet echt een verbetering hebben gevonden.

Hoewel het leuk is om met een nieuw procédé een echte verbetering te vinden (*'te scoren'*), zijn we niet helemaal ongelukkig met de resultaten. Ten eerste hebben de proefpersonen helemaal geen training gehad met de nieuwe spraakcode, ondanks dat dat, zoals we hierboven beschreven hebben, best belangrijk kan zijn. Helaas ontbrak ons de tijd om een gedegen training uit te voeren, maar het is dus mogelijk dat met wat gerichte oefening er nog meer proefpersonen zijn die beter uit de voeten kunnen met het nieuwe spraakgeluid. Ten tweede is het voor de proefpersonen die er echt wat aan hadden wel hoopvol dat er misschien een nieuw hulpmiddel voor hun aan zit te komen. Voor ons, onderzoekers, is de vraag vooral: hoe komt het dat de ene er wel wat aan heeft en de andere niet. Ofwel: wat is nou de typische eigenschap van de succesvolle nieuwe-spraakcode-luisteraar? Heeft het alleen met het soort gehoorverlies te maken, of heeft de manier van luisteren er ook mee van doen (een goed verstaander...)? En zijn het vooral de goede

liplezers die er wat aan hebben, of kunnen ook de wat mindere liplezers leren om het vertrouwde mondbeeld en het nieuwe geluid te combineren ?

Er ligt nog een flink aantal vragen om te beantwoorden. De resultaten zijn goed genoeg om met het onderzoek door te gaan, maar het is nog te vroeg om te zeggen dat een spraakbewerkend hoortoestel echt helpt, ongeacht degene die het gaat gebruiken. Bovendien hebben we het nog niet eens gehad over de produktie van zo'n toekomstig hoortoestel. Een fabrikant kijkt tenslotte niet alleen naar het nut van een produkt, maar vooral ook of het verkocht kan worden: is er een markt voor en levert het nog wat op ? Of het spraakbewerkende hoortoestel er daadwerkelijk ooit van komt is voorlopig dan ook nog een heel groot vraagteken.