

ENIGE ONDERZOEKINGEN
OVER HET
RICHTINGHOREN

ENIGE ONDERZOEKINGEN OVER HET RICHTINGHOREN - R. A. VAN DER VEER

R. A. VAN DER VEER

ENIGE ONDERZOEKINGEN OVER
HET RICHTINGHOREN

ENIGE ONDERZOEKINGEN OVER HET RICHTINGHOREN

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING
VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEES-
KUNDE AAN DE UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM,
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS
Dr. M. W. WOERDEMAN, HOOGLERAAR IN DE
FACULTEIT DER GENEESKUNDE, IN HET OPEN-
BAAR TE VERDEDIGEN IN DE AULA DER UNI-
VERSITEIT OP DONDERDAG 7 MAART 1957
DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

RICHARD ANTON VAN DER VEER
GEBOREN TE DRACHTEN

1957

N.V. DRUKKERIJ VAN GEBR. JUTEN BERGEN OP ZOOM

Aan mijn vrouw
Aan mijn kinderen

PROMOTOR:
PROF. Dr. L. B. W. JONGKEES

UIT HET PHYSISCH LABORATORIUM
VAN DE KEEL-, NEUS- EN OORHEELKUNDIGE KLINIEK
VAN DE UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

VOORWOORD.

Bij het verschijnen van dit proefschrift neem ik zeer gaarne de gelegenheid te baat mijn oprechte dank te betuigen aan U, Hoogleraren en Docenten van de Universiteit van Amsterdam, die aan mijn vorming tot arts hebben medegewerkt.

Denkende aan mijn opleiding tot keel-, neus- en oorarts, richt ik mij in de eerste plaats tot U, Hooggeleerde Jongkees, mijn promotor. Dat op Uw kliniek steeds een prettige sfeer heerste in de verhouding tussen Uw assistenten onderling is vooral te danken aan de wijze, waarop U met ieder van hen afzonderlijk en met allen gezamenlijk wist om te gaan. Grote dank ben ik U verschuldigd voor Uw leiding en voor de bereidwilligheid waarmee U mij bij de bewerking van dit proefschrift steeds met raad en daad hebt bijgestaan.

Geleerde Struben, bij de klinische opleiding, die hoofdzakelijk bij U berustte, was U steeds een niet genoeg te waarderen mentor. De rustige wijze waarop en het grote geduld waarmee U ons bijstond op het vooral in den beginne zo moeilijke terrein der operatieve behandeling van de patiënten, zal ik steeds in een dankbare herinnering bewaren.

Zeer Geleerde Hammelburg, menig maal zijn Uw adviezen inzake therapeutische moeilijkheden, die zich vooral aan het begin van een specialisatie altijd voordoen, mij tot grote steun geweest.

Zeer Geleerde Klijn, dit proefschrift beweegt zich voor een belangrijk deel op het terrein van de statistiek en de physica. Uw grote kennis op deze beide gebieden, die U mij in zo ruime mate ten dienste hebt gesteld en de nimmer aflatende hulpvaardigheid, waarmee U mij terzijde hebt gestaan, zal ik nooit vergeten.

Directie en personeel van de Nederlandse Radio Unie, ook U betuig ik mijn hartelijke dank. U immers hebt mij in de gelegenheid gesteld ruimschoots gebruik te maken van de echo-

vrije ruimte en van de apparatuur, die voor het nemen van mijn proeven onontbeerlijk was.

Geleerde van Eden, zeer erkentelijk ben ik voor de adviezen die U mij bij de statistische bewerking van het door mij verzamelde materiaal hebt verstrekt.

Hooggeachte Mej. de Hullu, Uw hulp bij het samenstellen van de literatuurlijst en Uw bereidwilligheid het manuscript te typen, heb ik zeer op prijs gesteld.

Hooggeachte van der Laarsen, de omvangrijke berekeningen, die nodig waren om de verkregen gegevens tot statistisch afleesbare waarden om te zetten, waren voor mij van grote waarde.

Hooggeachte Klompenhouwer, bij de noodzakelijke proefopstellingen en bij het vervaardigen van fotomateriaal hebt U mij belangrijke diensten bewezen, die door mij zeer zijn gewaardeerd.

Collegae assistenten, aan onze kameraadschappelijke omgang en aan de mij steeds door U betoonde hulpvaardigheid zal ik steeds een goede herinnering bewaren.

INLEIDING.

Het gehoororgaan is bij uitstek het zintuig waardoor de mens met zijn medeschepselen en de wereld om hem heen in voortdurend contact staat. Het is via het gehoororgaan dat de spraak tot ons komt, de spraak die de gedachte overbrengt en zo de basis is van geestelijk en maatschappelijk contact. Zo sterk zelfs, dat in deze tijd, even goed als vroeger, de slechthorende min of meer geïsoleerd staat. Hoe belangrijk het gehoor is voor de geestelijke ontwikkeling blijkt uit de moeilijkheid van deze ontwikkeling, niet alleen intellectueel doch algemeen geestelijk van de doofgeborene: de doofstomme.

Het gehoororgaan is altijd in werking en we bezitten geen afsluitingsmechanisme om het tijdelijk uit te schakelen, zoals bij het oog het geval is. Zelfs in de slaap staat het te allen tijde tot onze beschikking. Hierdoor vormt het voor ons het hulpmiddel bij uitstek om ons voor gevaar te waarschuwen. Indien echter aan deze waarschuwing voor gevaar niet meteen gekoppeld is in welke richting en op welke afstand dit zich bevindt, zou het gehoororgaan voor ons als waarschuwingsorgaan veel minder nut hebben. Niet alleen het dier in de vrije natuur gebruikt dit lokaliseringsvermogen, ook de mens benut het dagelijks talloze malen thuis, in het verkeer en op zijn werk. De geluidslokalisatie blijkt een dermate primaire functie te zijn, dat men veelal niet eens weet, dat men dit vermogen bezit. Ook is het in de tegenwoordige maatschappij in de meeste gevallen niet zo urgent, dat, indien men slecht lokaliseert, dit als een direct gemis gevoeld wordt. Door de vele reflexies die overal aanwezig zijn, wordt ook de normaal-richtinghorende vaak fout ingelicht over de lokalisatie van het geluidgevend voorwerp (men hoort b.v. vaak niet de juiste richting waar een tram vandaan komt als men een straat verder is en deze tram niet kan zien). Bovendien is men door de aard van het geluid meestal reeds gedeeltelijk georiënteerd; een auto hoort bv. op de rijweg en het geluid dat hij voortbrengt dus ook. Zo zijn de meeste geluiden door de ervaring geassocieerd met bepaalde voorwerpen en dus wor-

den deze al direkt gelokaliseerd op de plaats waar zij krach- tens hun bouw en funktie thuishoren. Door de grote veelheid van geluiden op straat zal men ook eerder geneigd zijn goed rond te zien alvorens men bv. een straat oversteekt. Het zal dus in onze maatschappij gemakkelijk kunnen voorkomen, dat mensen met een verminderd of zelfs opgeheven vermogen tot richtinghoren niet geattendeerd worden op dit gemis.

In enkele hedendaagse beroepen echter is het wel degelijk van belang, dat de beoefenaar van dat beroep een juist lokaliseringsvermogen, gepaard gaande aan een redelijk gehoor, bezit. Zo zal het personeel van een schip in het bezit moeten zijn van een redelijke geluidslokalisatie: het is immers van zeer groot belang dat, indien tijdens de vaart het schip in een mistbank terecht komt, het geluid van de misthoorns van andere schepen juist gelokaliseerd wordt. Voor politieagenten, spoorwegpersoneel, machinisten e.d. is een goede geluidslokalisatie van zeer grote betekenis.

In enkele keuringsverordeningen, o.a. in die van de scheepvaart, wordt geëist, dat de ter keuring komende tenminste een fluisterspraak aan één oor van 6 m. moet hebben, waarbij het andere oor een fluisterspraak van 3 m. mag bezitten. Deze eis, een maximaal behoorlijke funktie van beide gehoororganen, wordt gemotiveerd door de stelling, dat indien het verschil in gehoor tussen beide oren groot zou zijn, de gekeurde het vermogen tot richtinghoren zou missen al zou zijn hoorvermogen als zodanig nog goed kunnen wezen.

Uit vele mededelingen in de literatuur blijkt, dat zeker niet in alle gevallen, waarin een verschil in gehoor tussen beide oren aanwezig is, het vermogen tot juiste geluidslokalisatie was verdwenen of zelfs maar verminderd. Het is de bedoeling van dit proefschrift na te gaan in hoeverre een bepaalde gehoorafwijking het richtinghoren beïnvloedt en of verschil in gehoor tussen beide oren hierbij van belang is. Er zal gezocht worden naar een bepaald verband tussen het richtinghoren van de patiënt en zijn drempelaudiogram. Verder zullen we trachten een methode aan te geven ter bepaling van het geluidslokaliseringsvermogen van de patiënt om zodoende iets meer te weten te komen over de vermindering van dit vermogen bij verschillende gehoorafwijkingen.

HOOFDSTUK I.

BESPREKING VAN DE LITERATUUR.

Sinds het begin van de 19e eeuw heeft men al getracht het probleem, hoe een geluidsprikkel gelokaliseerd wordt, op te lossen. Ondanks de vele onderzoeken over dit vraagstuk verricht, is nog geen theorie ontwikkeld die alle verschijnselen welke zich kunnen voordoen, volledig verklaart.

Men kan de theorieën over het richtinghoren in 2 hoofdgroepen verdelen, nl. de akustische en de niet-akustische.

In de eerste categorie zoekt men de verklaring van de geluidslokalisatie in intensiteits-, tijds- en faseverschillen of timbreverschillen waarmee de geluidsgolven beide oren treffen.

In de tweede groep meent men dat het vestibulaire orgaan, hoofdraaiing, oogbewegingen, halsreflexen of het tastgevoel van uitwendige gehoorgang en middenoor het lokaliseren van een geluidsbron mogelijk maken.

De akustische theorieën laten zich weer splitsen in monotonische en diatonische. De mogelijkheid met één oor de plaats van een geluidsbron te lokaliseren was reeds lang bekend. *Rayleigh* beschreef in 1882 een patiënt die doof was aan één oor. Deze patiënt kon alleen in het mediosagittale vlak een geluidsbron niet lokaliseren, terwijl hij een zuivere toon in het geheel niet kon lokaliseren. Verder kon deze patiënt echter samengestelde geluiden redelijk goed plaatsen. *Angell* en *Fite* publiceerden een aantal gevallen van patiënten die aan één oor doof waren; zij vonden dat de geluidskwaliteit van belang was voor dit lokaliseringsvermogen. Hun patiënten lokaliseerden in de regel slechter dan normale proefpersonen. Zuivere tonen werden in het geheel niet gelokaliseerd. Zij vonden dat de geluidslokalisatie des te beter was hoe langer de doofheid be-

stond. *Münnich* vertoonde een éénorige die redelijk goed lokaliseerde. *Klemm* beschreef een patiënt die met één oor links en rechts goed onderscheidde; voor en achter echter slecht.

Bij kunstmatige afsluiting van één oor blijven, volgens *Hocart* en *MacDougall* geruisen goed lokaliseerbaar, zuivere tonen echter niet. Als de oorschelp van het goede oor werd afgeschermd, werd het lokaliseringsvermogen aanzienlijk slechter, het verschil tussen links en rechts konden de patiënten echter toch blijven bepalen.

Klensch, *Perakelin*, *Ranke*, *Rauch* en *Von Skramlik* bevestigden met hun onderzoek dat richtinghoren met één oor mogelijk is, echter aan de zijde van het goede oor bleek het aanmerkelijk beter dan aan de zijde van het slechthorende oor. Zij vonden bovendien, dat de oorschelp een rol speelt bij het monotische richtinghoren. Hierover zijn reeds lang vele onderzoeken gedaan. *Geigels* vond dat versterking van een geruis door middel van de holle hand eerst dan ontstond, indien deze tegen de oorschelp gehouden werd. *Weber* vond dat, indien men de holle hand met de concave zijde naar achter tegen het oor legde, een vóór gegeven geluid achter gelokaliseerd werd.

Pouget bepaalde in navolging van *Luzatti* bij normale proefpersonen het gehoorveld met een horloge: naar achter en boven was dit verkort ten opzichte van voor-onder.

De hoorafstand is dus beter waar geen schaduw van de oorschelp is. *Auerbach* vond in het horizontale vlak het hoorveld naar voren en opzij het grootst. Door *Burnett* werd bepaald welke delen van de oorschelp het best op verschillende frekwenties reageerden. Hiertoe vulde hij verschillende delen van de oorschelp op. Het bleek dat helix en fossa helices de beste perceptie gaven op lage tonen, antihelix het best op middelhoge en de concha het best op hoge tonen. Door partiële oorbuiging kwamen diverse tonen beter uit. *Schneider* verrichtte eveneens proeven door opvullen van de oorschelp. Hij vond afname van de gehoorscherpheid en verplaatsing van de lokalisatie van de geluidsbron naar het niet opgevulde oor. *Münsterberg* verkreeg soortgelijke resultaten. *Bloch* vond bij kunstmatige afsluiting van één oor vier minima van de akustische ruimtedrempel aan het andere oor, die over-

eenkwamen met ligging en vorm van deze oorschelp in het frontale vlak. Hij vond dat lokalisatie in het sagittale vlak door de oorschelp mogelijk werd gemaakt. *Thompson* plaatste proefpersonen met stetoskoopslangen in de oren bij geluidswaarschuwendes vlakken, die in verschillende standen geplaatst konden worden. Door de opstelling van de vlakken te wijzigen, verkreeg hij sterke verwisselingen tussen links en rechts, doordat het geluid naar dat oor werd verlegd dat op de gunstigste reflexhoek ingesteld werd. Dit ging goed voor een tikkend horloge, echter niet voor een zuivere toon.

Door *van Gilse* en *Roelofs* zijn eveneens onderzoeken verricht over de richtwerking van de oorschelp. Bij opvulling van de oorschelp verminderde of verdween de lokalisatiemogelijkheid van een geruis. Zij konkludeerden verder uit hun proeven, dat het diotische richtinghoren ondersteund wordt door het monotische. *Jongkees* en *Groen* vonden dat, indien zij de oorschelp strak tegen het hoofd bonden, het richtinghoren veel moeilijker wordt. *Güttich* refereert een geval van *Gradenigo* waar deze een patiënt beschrijft die één oorschelp verloren had. Vlak na het verlies van de oorschelp was het richtinghoren slecht, naderhand verbeterde het echter. *Münnich* vond bij iemand, die reeds jaren een oorschelp miste, geen afwijkingen bij het richtinghoren. Van beide patiënten was het gehoor goed.

Ondanks bovengenoemde twee gevallen zoekt men de verklaring voor het monotische richtinghoren in de schaduwwerking van de oorschelp en het hoofd ten opzichte van verschillende geluidsfrekwenties. Daar gehoorgang en oorschelp samen in zekere zin een trechter vormen, die in het horizontale vlak door de oren gaat en circa 30° naar voren en opzij loopt, kan alleen een geluidsbron die in het trechtersveld aanwezig is, alle frekwenties die deze bron uitzendt, op het trommelvlies laten vallen. Naarmate de geluidsbron zich verder van de trechteras verwijderd zullen meer frekwenties worden afgefilterd door de schaduw die oorschelp en schedel veroorzaken.

Door *Tröger*, *Sivian*, *White*, *Steinberg* en *Snow* werd gevonden, dat frekwenties beneden 500 Hz bijna ongehinderd door schedel en oorschelp het trommelvlies raken en dat bij 200 Hz. in het geheel geen verschil meer bestaat tussen toewenden

naar en afwenden van het oor van de geluidsbron. Tonen boven 500 Hz worden echter in toenemende mate door het schaduweffect beïnvloed.

Uit het bovengenoemde volgt dus dat het teoretisch mogelijk is uit de verhouding van diverse frekwenties in een bepaald frekwentiespektrum de richting van het geluid te bepalen. Het gehoororgaan is dus in staat uit bepaalde intensiteitsverhoudingen in een geluid konklusies te trekken. Dit verklaart ook het feit dat zuivere tonen minder zeker worden gelokaliseerd dan geruisen.

Bij het richtinghoren met twee oren speelt de intensiteitsfactor een grote rol. De zg. intensiteitsteorie gaat er van uit dat men gevoelig is voor interaurale intensiteitsverschillen. Deze ontstaan doordat de afstand van de geluidsbron tot beide oren ongelijk is. Deze theorie werd door *Cladni* in 1802 opgesteld. Door talloze onderzoekers is deze theorie later verder uitgewerkt. Bij de intensiteitsteorie kunnen echter de lage frekwenties geen grote rol spelen, daar bij deze frekwenties de intensiteitsverschillen nihil zullen zijn, daar hun golflengte zo groot is dat ze bijna onverzwakt op het afgewende trommelvlies terecht komen. Doch bij een frekwentie van 2000 Hz is al een zeer duidelijke richtwerking door middel van de oorafstand waarneembaar. Bij 5000 Hz is er al 20 dB verschil tussen de sterkte van het geluid zoals dat het toe- en afgewende oor bereikt indien het van ter zijde komt. (*Sivian* en *White*, *Steinberg* en *Snow*).

Met twee telefoons en gescheiden versterkerkanalen kan men gemakkelijk richtingssensaties opwekken door verschillende intensiteiten aan de oren te presenteren. Deze methode werd door vele onderzoekers gebruikt om het belang van de intensiteitsverschillen bij het richtinghoren aan te tonen. Bij een dergelijke opstelling verschuift bij verandering van de intensiteit door één telefoon de geluidsindruk dwars door het hoofd naar lateraal. Verder blijkt dat wanneer men het intensiteitsverschil tussen beide oren 15-20 dB maakt, de indruk totaal zijdelings verkregen wordt en wel voor alle frekwenties en geruisen. Experimenteel blijkt in het vrije veld bij tonen van 5000 Hz het afgewende oor ongeveer 20 dB zwakker geprikkeld te worden dan het toegewende, indien het geluid van

de zijkant komt. Bij deze toon moet dus met het verschil in geluidsterkte een natuurgetrouwe richtingsindruk ontstaan. Bij lagere tonen kan in het vrije veld echter nooit een verzwakking van de geluidsterkte in het afgewende oor van 20 dB ontstaan, wegens de gemakkelijke buiging van de geluidsgolven om schedel en oor, zodat op grond hiervan bij lage tonen nooit een absolute zij-indruk kan ontstaan door intensiteitsverschillen alleen. Bij zeer hoge tonen, waarbij het verschil tussen toe- en afgewende oor nog iets meer dan 20 dB bedraagt, moet reeds eerder een totale zij-indruk verkregen worden. Het blijkt in de praktijk dan ook dat zeer hoge tonen lastiger te lokaliseren zijn dan lage (volgens *Judd* zouden de hoge tonen bovendien slechter te lokaliseren zijn, doordat de boven tonen boven de gehoordrempel komen te liggen). Krijgt men bij het binaurale horen geruisen te horen, dan ontstaan weer, zoals bij het monotische richtinghoren gezegd werd, verschillen in frekwentiespektrum tussen linker en rechter oor door schaduwwerking van hoofd en oren. Bij het twee-orige richtinghoren merkt men het wegvallen van bepaalde frekwenties in één oor niet op als toonhoogteverandering: de beide verschillende geluidsindrukken versmelten klaarblijkelijk tot een midden of bepaalde zij-indruk (*Kietz*); ze worden tot een lokalisatiewaarneming. Uit deze bovengenoemde beperking van sterkteverschillen tot het diskantgebied volgt dus dat intensiteitsverschillen tussen beide oren als faktor van het richtinghoren begrensd is. Dit werd reeds door *De Boer*, *Duyff* en van *Gemert* berekend. Het juist waarneembare intensiteitsverschil is door *Schmidt* gemeten. Dit bedraagt voor 2000 Hz en hoger 0,2 dB. Bij lagere frekwenties wordt de drempel snel hoger en bij 250 Hz is de inter-aurale gevoeligheid reeds 0,8 dB geworden.

Is ons richtinghoren dus bij hoge frekwenties waarschijnlijk afhankelijk van intensiteitsverschillen, voor lage frekwenties speelt het tijdsverschil waarmee de geluidsgolven resp. het linker en het rechter oor treffen, een rol. Door *von Hornbors*tel en *Wertheimer* werd deze zg. tijdsteorie opnieuw ontwikkeld. Komt een geluidsgolf van een buiten het mediane vlak gelegen geluidsbron naar ons toe, dan treft deze het toegewende oor eerder dan het afgewende. Naarmate het tijdsver-

schil waarin de geluidsgolf de oren bereikt, groter wordt, komt er meer zijndruk. Dit gaat door tot het tijdsverschil $21/33000 = 1/1600$ sec. geworden is (21 cm. is een constante en geeft ongeveer de afstand tussen de oren aan; 33000 cm/sec. is de snelheid van het geluid). Voor het juist waarneembare hoekverschil uit de mediaanlijn is het tijdsverschil 3×10^{-5} sec., overeenkomende met 3° . Zo kan men voor iedere hoek het tijdsverschil berekenen. Tijdsrelaties kunnen alleen een rol spelen indien er sprake is van korte signalen of wanneer er in een signaal herkenbare variaties bestaan. Dit is waarschijnlijk de reden waarom een geruis beter gelokaliseerd wordt dan een zuivere toon. Met twee telefoons en gescheiden versterkerkanalen kan men tijdsverschillen tussen beide oren opwekken. Hierdoor ontstaat dan weer een richtingsindruk. Ook bij deze verschuiving van richting gaat bij verandering van het tijdstip waarop het geluid aankomt bij de telefoons de richtingsindruk weer van midden door het hoofd naar opzij. Deze sensatie kon echter alleen opgewekt worden tot een frekwentie van 800—1000 Hz; daarboven wordt de richting onduidelijk en niet overeenkomstig de berekende hoek met de mediaanlijn. Door *Duyff*, *van Gemert* en *Kietz* werd berekend, dat tijdsverschillen een gevoeliger index zijn dan intensiteitsverschillen. Het faseverschil speelt, evenals het tijdsverschil, waarvan het eigenlijk een variant is, alleen een rol bij lage frekwenties. Wordt de golflengte kleiner dan de diameter van het hoofd, dan wordt het geluid te veel afgefiltreerd, terwijl bovendien bij kleine hoekverandering van de geluidsbron een maximum faseverschuiving kan plaats vinden, waardoor volgens de theorie een sterke verspringing van de geluidsrichting tot stand zou moeten komen, wat niet overeenkomstig de werkelijkheid is.

Door *Schmidt* werd de interaurale drempelgevoeligheid voor tijdsverschillen gemeten. Deze bedraagt voor 1000 Hz 10μ sec.; wordt de frekwentie groter, dan neemt de gevoeligheid snel af.

In de theorieën van tijd-, fase- en intensiteitsverschillen als oorzaak voor het richtinghoren wordt niet verklaard waardoor het mogelijk is voor en achter, boven en onder te onderscheiden, alhoewel dit lastiger blijkt te zijn dan het onderscheiden van links en rechts. Wat het tijdsverschil betreft maakt het bijvoorbeeld niets uit waar een geluidsbron zich bevindt in

het mediosagittale vlak: de afstand tussen bron en beide oren blijft altijd gelijk of de geluidsbron zich boven of beneden bevindt. Zo zijn in andere vlakken ook oneindig veel punten aan te geven met een vast tijdsverschil (alle punten met een gelijk tijdsverschil ten opzichte van beide oren liggen op een soort kegelmantel, die ontstaat door draaiing van een hyperbool om zijn hoofdas).

Een zelfde redenering geldt ook voor de intensiteitsverschillen die nooit meer dan een omwentelingsvlak, zeker niet een punt kunnen bepalen. Er moeten dus meer mechanismen werkzaam zijn, die lokalisatie op dit omwentelingslichaam mogelijk maken, want door de voorgaande verklaringen wordt steeds een hyperbool van deze kegelmantel als geheel gepresenteerd.

De volgende theorieën zijn ter verklaring opgesteld:

1. De richtingwerking van de oorschelp veroorzaakt de voor-, achter-, boven- en onderlokalisatie (*von Békésy*, *van Gilse*, *Hecht*, *Kietz*).
2. De zg. Kopfschalltheorie van *Hecht*.
3. De hoofddraaitheorie (*De Boer*, *Klensch*, *Perakelin*, *von Skramlik*, *Wallach* e.a.).

ad. 1. Zoals uit het voorgaande bleek, worden door de oorschelp de hoge frekwenties meer afgevangen dan de lage. Hieruit volgt, dat een bepaald geruis, bv. achter het hoofd, doffer moet klinken dan er voor. Er ontstaat dus een verschil in kwaliteit en intensiteit van het geluid voor en achter het hoofd. De belangrijkheid van het richteffekt blijkt uit de volgende proeven. Brengt men bij iemand goed sluitende pijpjes in de gehoorgangen, zodat deze pijpjes een eindje buiten de oorschelp steken, dan verliezen de proefpersonen direct de mogelijkheid voor en achter te lokaliseren. Meestal wordt achter aangegeven. Maakt men nu trechters aan de pijpjes met de opening naar voren, dan geven bijna alle proefpersonen de geluidsbron achter aan (*Jongkees* en *Groen*, *Kietz* en *Zangemeister*). Maakt men tenslotte een afgietsel van de oorschelpen en plaatst men deze in de natuurgetrouwe stand (d.w.z. evenwijdig aan de oorschelpen) op de pijpjes, dan komt bij de meeste proefpersonen het vermogen om voor of achter te scheiden weer terug. Dit is echter minder zeker dan in de normale toestand. Het komt voor dat de proefpersonen gedesoriënteerd ge-

raken en de geluidsbron steeds achter lokaliseren (*Kietz*). Uit deze proeven blijkt dus dat de oorschelp van betekenis is bij het richtinghoren. Bij de proef met alleen pijpjes en die met pijpjes met trechters, waarbij dus de richtingwerking werd vergroot t.o.v. normaal, was geen goede lokalisatie mogelijk. Slechts bij de normale stand van de natuurgetrouwe afgietsels van de oorschelpen in de normale richting geplaatst was een zeker onderscheid tussen voor en achter mogelijk. Door de stand van de oorschelpen wordt het klankbeeld individueel op bepaalde wijze vervormd, al naar gelang de geluidsbron voor of achter, boven of naast het individu staat. Deze klankonderscheidingen worden klaarblijkelijk tot richtingsindrukken omgevormd. De mens heeft dus geleerd het door de richtwerking van zijn oorschelpen en het door alle mogelijke reflexies van de omgeving vervormde geluidsbeeld te gebruiken en hieruit een ruimtelijke richtingsindruk te vormen (*Kietz*). Het gevoel van ruimte in een groot gebouw ontstaat bv. door nagalm: ligt de geluidsbron voor ons, dan moeten geluid en nagalm ons eerst van voren treffen, direkt gevolgd door een weerkaatsing van van achteren. De nagalm zal dus eerst helder en direkt daarna doffer klinken. Wij hebben geleerd hieruit een indruk omtrent de positie van het geluid in de wereld om ons heen en zelfs over die „Umwelt” zelf te vormen.

ad. 2. De Kopfschalltheorie van *Hecht*, later door hem zelf weersproken, zegt dat de voor-achterlokalisatie zou ontstaan, doordat het geluid direkt via het bot van de schedel naar het binnenoor gaat en dat het geluid van voren komend door de bouw van de schedel anders klinkt dan wanneer het van achteren komt. Echter zachte geruisen zijn nog goed lokaliseerbaar, terwijl in dit geval van direkte beengleiding geen sprake is. *Preyer* en *Münnich* zeggen wel dat lokaliseren lastiger is naarmate het geluid zachter is, maar geluid dat onder de drempel voor beengleiding ligt kan zeker nog goed via luchtgeleiding gelokaliseerd worden.

ad. 3. De hoofddraaitheorie is gefundeerd op de waarneming dat het gemakkelijker is een geluidsbron te lokaliseren indien het hoofd niet gefixeerd is. Indien een geluidsbron zich midden voor de proefpersoon bevindt en deze bv. het hoofd naar rechts draait, dan heeft hij het gevoel dat de geluidsbron zich

naar links verplaatst. Ligt echter de geluidsbron achter hem, dan verschuift bij draaiing van het hoofd naar rechts het geluid naar rechts. De draaitheorie gaat er dus van uit dat men zodra er even een geluid op het trommelvees valt direkt het hoofd iets draait. Door *Klensch* werd deze theorie naar zijn mening bewezen door de volgende proeven. De proefpersoon kreeg in ieder oor een goed afsluitende stetoskoopslang met een oortrechter aan het vrije uiteinde. Indien hoofd en trechters stil werden gehouden was het niet mogelijk voor of achter te onderscheiden: het geluid bleef midden in het hoofd. Door voor- of achterwaartse beweging van één van de trechters ontstond verschuiving van het geluid en wel zo dat, als de geluidsbron voor de proefpersoon stond en de linker trechter van de bron af werd bewogen, de geluidsindruk naar rechts verschoof. Werd het verschil in afstand tussen de trechters ongeveer 45 cm, dan ontstond geen verdere zijwaartse beweging van het geluid. Liet de proefpersoon vervolgens de trechters ritmisch bewegen van en naar de bron toe en daarbij het hoofd meebewegen in dezelfde zin, dan ontstond wel een goede lokalisatie van een geluidsbron voor of achter het hoofd opgesteld. Liet hij het hoofd tegengesteld aan de trechters bewegen, dan ontstond de tegenovergestelde indruk (indruk vóór terwijl de geluidsbron achter de proefpersoon stond). Het verschijnsel werd al opgewekt bij een voorachterwaartse beweging van 3 cm van de trechters en een hoofddraai kleiner dan 10°. Soortgelijke proeven werden ook met een kunsthoofd, dat met twee gescheiden kanalen aan de oren van de proefpersoon verbonden was, gedaan (*de Boer, Koenig, Kock*). Zij vonden dat bij stilstaand kunsthoofd en stilstaand hoofd van de proefpersoon het geluid achter werd gelokaliseerd bij een vóór opgestelde geluidsbron. *De Boer* wijt dit verschijnsel aan de electro-akustische apparatuur, doordat deze te veel hoge frekwenties zou opvangen. Bij beweging van het kunsthoofd alleen beweegt het geluid heen en weer door het hoofd van de proefpersoon. Bij stilstaand kunsthoofd en draaiend hoofd van de proefpersoon ontstaat de indruk alsof de geluidsbron zich boven of onder bevindt. Bij in fase-draaien van de hoofden ontstaat een goede voor- of achterlokalisatie. Bij in tegenfase draaien van de hoofden een tegengestelde. Door *König* en

Süssmann werden de onwillekeurige hoofdbewegingen gemeten die proefpersonen maken in het horizontale, sagittale en transversale vlak. Hierbij bleek dat om de transversale en vertikale assen de onwillekeurige bewegingen bij gesteund hoofd circa 3° en bij ongesteund hoofd circa 5° bedroegen. Om de sagittale as waren de bewegingen kleiner. Verder konstateerden zij een beweging van het hoofd synchroon met de polsslag van ongeveer 5 boogminuten. Ook *Wallach* bevestigde met zijn proeven met luidsprekers dat hoofddraai-bewegingen de voor- en achterindruk veroorzaken. Tegen de hoofddraai-theorie kan echter worden aangevoerd dat zeer korte klikken of signalen zeer goed gelokaliseerd kunnen worden, terwijl in zo'n geval geen gelegenheid tot nadere lokalisatie door hoofddraai-bewegingen bestaat (*Kietz*). Boven- en onderlokalisatie zou eveneens door deze bewegingen van het hoofd ontstaan. Zo verkreeg *De Boer* een boven- of onderindruk indien hij het kunsthoofd liet stilstaan en de proefpersoon „neen” liet schud-den. *Wallach* verkreeg een bovenindruk indien hij de proefpersoon met zijn hoofd aan een sleepcontact verbond en hem midden in een horizontale ring van luidsprekers plaatste. Bij draaiing van het hoofd gaf nu steeds de luidspreker die recht voor de proefpersoon stond, geluid. Het gevolg hiervan was dat de proefpersoon steeds het geluid boven lokaliseerde. Volgens *Klensch* is het alleen maar mogelijk een bekend geluid boven of onder te lokaliseren. Zijn proefpersonen konden bij een onbekende geluidsbron niet bepalen of deze onder of boven het hoofd stond opgesteld. Bij van links naar rechts neigen van het hoofd verbeterde het lokalisatievermogen niet, wel echter bij voorover buigen van het hoofd. Volgens de schrijver is de ervaring hierbij van grote betekenis. *Grandjot* heeft soortgelijke proeven verricht als *Wallach*, hij komt echter tot de konklusie dat de oorschelp bij het boven- en benedenonderscheid ook van belang is. Hij verkreeg bij opstelling van twee luidsprekers links en rechts van de proefpersoon een indruk midden-boven. Knikken, voorover en achterover buigen, neigen naar de schouders, deed de fantoombron steeds midden-boven het hoofd horen. Stak de proefpersoon echter de pijpjes in de oren dan verdween prompt deze sensatie. Het geluid kwam dan weer midden in het hoofd terecht. Ook *Jongkees*

en *Groen* vonden dat met uitschakeling van de oorschelpen het richtinghoren in het sagittale vlak onmogelijk was. Ook zij konkludeerden, dat door klankveranderingen, door de oorschelp veroorzaakt, het richtinghoren in dit vlak mogelijk wordt gemaakt.

Over de zekerheid waarmee in het horizontale, het frontale en het sagittale vlak een geluidsbron gelokaliseerd kan worden, zijn door vele schrijvers proeven verricht. *Münsterberg* bepaalde de drempel voor richtingverandering in deze vlakken met een geruis. In het horizontale vlak lag het minimum in de mediaanlijn vóór de proefpersoon en het maximum middenachter; tussenwaarden vond hij links en rechts in de ooras. *Bloch* vond zowel voor als achter een minimum, links en rechts een maximum. In het frontale vlak vond hij evenals *Münsterberg*, boven, onder en links en rechts een minimum. In het sagittale vlak was van een waarneembare verschuiving nauwelijks sprake. *Pierce* vond vóór een verschuivingshoek voor een toon van 1250 Hz in het sagittale vlak van 8° , achter een van 16° en links en rechts varieerden de waarden van 25 tot 45° . Hoe hoger de gebruikte toon was, des te lastiger de lokalisatie. *Preyer* vond dat de lokalisatie lastiger was naarmate het geluid zwakker wordt. *Münlich* bevestigde dit. *Gütlich* vermeldt dat de voor-lokalisatie in het horizontale vlak zeer nauwkeurig is en ongeveer 3° bedraagt. In de eerste wereldoorlog werd door middel van het richtinghoren van twee soldaten de vijandelijke artillerie opgespoord; deze methode scheen vrij nauwkeurig te zijn. Volgens *Diamant* varieert de hoek, die de geluidsbron maakt met de mediaanlijn in het horizontale vlak waarin nog richtingaanwijzing mogelijk is, van 6 tot 16° ; zijn geluidsbron stond op $6\frac{1}{2}$ meter afstand van de proefpersoon opgesteld. *Von Skramlik* vond dat in het horizontale vlak het gebied waar links en rechts nog net worden onderscheiden, varieert van 2 tot 5° uit de mediaanlijn. Voor het voor- en achter onderscheiden in dit vlak was de waarde ongeveer 20° naar voor en achter de ooras gelegen, terwijl het onderscheid tussen boven en onder in het frontale vlak van dezelfde orde van grootte was. Bij afsluiting van één oor werden de gebieden van onzekerheid aan de kant van het gesloten oor groter. Bij draaiing van het hoofd werden ze wat voor-

achter lokalisatie betreft kleiner. Bij voorover buigen van het hoofd werd het onzekere gebied in het sagittale vlak wat betreft voor-achter groter; bij achterover buigen echter kleiner. Bij neigen van het hoofd naar de schouder werd het onzekere gebied van boven en onder kleiner (in tegenstelling tot wat *Klensch* stelt). *Perakelin* vond ongeveer overeenkomende uitkomsten, hij liet echter zijn proefpersoon niet het hoofd zover draaien als *von Skramlik* deed. Zijn uitkomsten met kleine hoofdbewegingen komen dan ook kwantitatief met die van *von Skramlik* niet overeen.

De draaiing op een geluidsprikkel wordt door sommige onderzoekers (*Güttich, Klensch, Krejci* e.a.) toegeschreven aan een directe reflexverbinding met het vestibulaire orgaan, zoals bv. ook een licht- of tastprikkel een reflexachtige hoofdbeweging in de goede richting tengevolge kan hebben.

Zo zou ook een akustische prikkel reflexmatig het vestibulaire orgaan beroeren; hoe dichter een geluidsbron zich bij het mediane vlak bevindt, des te eerder wordt de draaiprikkel, die uitgaat van het eerst geprikkelde oor weer afgeremd door de daarop volgende prikkel van het andere oor. In de mediaanlijn zouden ze elkaar dan opheffen. Hierdoor zou een fijnere instelmogelijkheid voor de geluidsbron geschapen zijn. *Güttich* zegt dat bij het horen van een geluid eerst de ogen in de goede richting draaien en dan pas het hoofd. Deze hoofddraai bewerkt een halsreflex en een vestibulaire reflex, waarin de halsreflex overheerst, waardoor draaiing weer wordt gestopt. De vestibulaire reflex zou weer op zijn beurt de oogbewegingen remmen.

Bovengenoemde theorieën vormen een overgang naar de niet-akustische theorieën. Deze theorieën stellen het vestibulaire orgaan, of oog- en halsreflexen, verantwoordelijk voor de geluidslokalisatie. Vooral het vestibulaire orgaan heeft destijds in deze in het middelpunt van de belangstelling gestaan (*Münsterberg en Frey, Reinhold, Preyer* e.a.). Dit kwam eensdeels door de nauwe anatomische samenhang tussen gehoororgaan en vestibulaire orgaan, anderzijds doordat vissen, die geen cochlea bezitten goed konden richtinghoren (*v. Frisch*). Verder bleek bij draaiproeven dat een bepaalde geluidsindruk zich verplaatste in een richting tegenovergesteld aan de

postrotatoire draaisensatie. *Reinhold* vond bij zijn proeven, dat bij draaiing der vestibulaire prikkel een dusdanige invloed op het richtinghoren had, dat de foute lokalisatie steeds in het vlak van de geprikkelde booggang plaats vond. *Rauch*, die zijn proefpersonen calorisch prikkelde, kreeg uiteenlopende resultaten, maar konkludeerde toch, dat voor zover het vestibulaire orgaan ons ruimtelijk gevoel geeft, dit orgaan met de cochlea samen het richtinghoren veroorzaakt. Deze redenering werd later door *Leisse* op theoretische gronden weersproken. *Tullio* vond met zijn proeven, waarbij hij dieren fenestreerde (d.w.z. hij maakt een opening in een benig kanaal met sparing van het vliezig labrynt) en dan geluiden liet inwerken, dat opening van de perilympatische ruimte een verhoogde gevoeligheid voor geluidsprikkel tengevolge had, waarbij karakteristieke hoofdbewegingen ontstonden. Deze reacties bleven bestaan na verwijdering van de cochlea; ze verdwenen na vernietiging van het vestibulaire zintuigepitheel of na afsluiting van de gehoorgang. Ook na sluiting van het venster in het halfcirkelvormige kanaal verdwijnt de reactie weer, behalve wanneer een luchtbel in de opening is achtergebleven. Verder vond hij, dat bij verschillende bewegingen van de stapes verschillende stromingen in de kanalen opgewekt worden. Uit zijn proeven konkludeerde hij dat het richtinghoren mogelijk gemaakt werd door het vestibulaire orgaan. Door *Huizinga*, die de proeven nadeed en bevestigde, werd geen verband gelegd tussen geluidslokalisatie en vestibulaire orgaan. Hij vond bij verschillende lokalisatie van de gaten in de booggang (b.v. in horizontale en vertikale) met hetzelfde geluid, op dezelfde afstand en met dezelfde intensiteit, maar van verschillende richtingen komende, steeds dezelfde kopbewegingen, of het geluid nu van voor of achter, of van boven of onder kwam. De bewegingen van de kop zijn dus niet afhankelijk van de richting van het aankomend geluid.

De vestibulaire theorie voor geluidslokalisatie heeft heel wat reactie opgewekt en is door vele onderzoekers weerlegd. Zo is, overeenkomstig een gezegde van *Bárány*, dat prikkeling van de N. vestibularis door koude of draaiing misschien wel invloed heeft op de gehoorsindruk, maar dat dit nog niet het bewijs levert dat richtinghoren zonder bijzondere cupulaprikkel

op het vestibulaire orgaan berust, gezocht naar patiënten met uitgevallen evenwichtsorgaan, doch behouden gehoor. *Güttich* publiceerde de gegevens van vier patiënten, die echter allen serieuze neurologische afwijkingen hadden en van wie het gehoor min of meer gestoord was. *Diamant* beschreef drie patiënten die normaal richting konden horen, ondanks uitgevallen vestibulaire functie, waarmee hij de vestibulaire theorie op losse schroeven zette. *Meurman* echter konkludeert uit zijn proeven met gefenestreerde otosclerose-patiënten dat het vestibulaire orgaan toch een rol moet spelen bij het richtinghoren. *Kraus* stelt in een zeer lang betoog dat op theoretische gronden alleen al het vestibulaire orgaan de enige mogelijkheid biedt om het richtinghoren te verklaren. *Clark* en *Graybiel* vonden bij hun draaiproeven eveneens deviaties in de geluidsindruk, doch konkluderen dat deze sensatie berust op de reactie van het individu op de draaiing, met andere woorden dat in de psyche van de proefpersoon door het draaiproces een niet op waarheid berustende illusie ontstaat. De strijd over dit vraagstuk is dus nog niet uitgestreden.

Het schatten van de afstand tot een geluidsbron lijkt op het eerste gezicht een kwestie van absoluut intensiteitsniveau te zijn. Daar het oor, evenals het oog, zich snel aan een absoluut intensiteitsniveau aanpast, bestaat dus alleen de mogelijkheid om bepaalde intensiteitsverhoudingen in het geluid tot bewustzijn te brengen. *Mach* heeft hierover het eerst onderzoekingen verricht. Volgens hem hangt de afstandsschatting af van de klankkleur. Indien hij van een bepaalde toon de grondtoon elimineerde en alleen de boventonen liet horen, leek de geluidsbron verder weg dan met de bijvoeging van de grondtoon. *Bloch* vond dat een geluid, veroorzaakt door het slaan van hout op ijzer, verder af gelokaliseerd werd dan het geluid van ijzer op ijzer. *Von Kries* deed proeven met geluidsbronnen van verschillende intensiteit op dezelfde afstand tot de proefpersoon, waaruit bleek dat de intensiteit van ondergeschikte betekenis was bij het afstand schatten. *Angell* en *Fite* en *Klemm* vonden, dat ook monotische afstandsschatting mogelijk is. Door *v. Békésy* werden op dit gebied uitgebreide onderzoekingen verricht; ook hij toonde aan dat het aankomt op de kwaliteit van het geluid: nadert een geruis het oor, dan nemen de lage fre-

kwenties in het geruis relatief sterker toe dan de hogere, het geluid krijgt meer relief. Door verschuiving van het zwaartepunt binnen het frekwentiespektrum zal men dus een bepaalde afstandssensatie kunnen opwekken. Zo wordt in de bioscoop door versterking van de lagere frekwenties in een stem, ondanks de grote afstand, toch een indruk van nabij gegeven. Verder speelt de bekendheid met het geluid hier een grote rol.

Door *Klensch* wordt door een ten opzichte van de oren bewegende geluidsbron de volgende mogelijkheid aangegeven tot afstand schatten. Gaat een geluidsbron vlak langs het oor, dan ontstaat eerst een nadering, gevolgd door een verwijdering en zwakker worden van het geluid. Voor verder afgelegen geluidsbronnen geldt dit niet zo sterk. Verder zou de richtingverandering van een dichtbij gelegen geluidsbron veel sterker worden waargenomen dan die van een verder afgelegen geluidsbron. Zo zou het dus zowel op monotische als op diotische wijze mogelijk zijn de afstand te schatten. Het afstand schatten wordt echter, evenals dit bij optische waarnemingen het geval is, met de toename van de afstand slechter. Over de vraag of de afstandswaarneming van de richting van de geluidsbron afhankelijk is, hebben *Schutt*, *Arp* en *Klemm* enige onderzoekingen verricht. Zij kwamen tot de konklusie dat het afstand schatten het best ging als een oor naar de bron was gekeerd, het slechtst als de neus er op gericht was.

Ook op de vraag of het richtinghoren van de afstand afhankelijk is, wordt door verschillende onderzoekers een verschillend antwoord gegeven. *Volkman* vond bij groter worden van de afstand een verminderd richtingsgevoel. Volgens *Güttich* en *Diamant* e.a. is dit niet het geval.

De vraag welk deel van het gehoororgaan belangrijk is voor een goede geluidslokalisatie, is nog niet opgelost. *Meyer* en *Güttich* refereren, dat bij zware hersenlaesies en afwijkingen zoals idiotie, lues cerebri, hersensclerose en sensorische afasie, geen richtinghoren mogelijk is. *De Kleyn* en *Spiegel* en *Kashita* vonden, dat na doorsnijding van de striae acusticae in het mesencephalon of grote hersenen nog akustische reflexen aanwezig waren, zoals kopdraai, lidslag en pupilverwijding. *Lichtwitz* beschreef een patiënt met zware ataxie en behouden gehoor, die met gesloten ogen niet meer kon richtinghoren. An-

ton beschreef een soortgelijk geval, waarbij de plaatswaarneming gestoord was bij behouden gehoor.

Hartman vond bij een aantal patiënten met optische oriënteringsstoornissen en behouden gehoor een slechte geluidslokalisatie. Hij besloot uit zijn serie, dat alleen de akustische oriëntatie behouden bleef indien óf de optische óf de tactiele oriëntatie intact was. *Rosenzweig* vond, dat de corticale activiteit aan de contralaterale kant het grootst was bij zijdelingse geluidsprikkels: naarmate het geluid meer van opzij kwam werd deze activiteit groter ten opzichte van de homolaterale kant. Bij geluiden in het mediane vlak was er gelijke activiteit van de hemisferen.

Bij pasgeboren kinderen vond *Preyer* nog geen geluidslokalisatie. Deze kwam pas na de 16e week: het hoofd draaide dan reflektair naar het geluid toe. *Meyer* vond op de leeftijd van 1½ maand een lokalisatiereactie op het stemgeluid van de moeder, terwijl vreemde geluiden niet zo'n reactie teweeg brachten. Het lokalisatievermogen begint dus waarschijnlijk op bekende geluidsprikkels en voltrekt zich door hoofdbewegingen. Wat later worden geluiden met sterke associatieve banden beter gelokaliseerd dan onbekende geluiden. Associatieve geluidslokalisatie ontstaat dan eerst, gevolgd door de niet-associatieve. Het is echter wel mogelijk dat onbekende geluiden wel goed gelokaliseerd worden maar niet de aandacht van het kind trekken. Het lijkt voor de hand te liggen dat de zuigeling echter eerst de bekende bron met de ogen opzoekt en naderhand pas leert de intensiteits-, timbre- en tijdsverschillen te gebruiken om een richtingsappreciatie te vormen. Dit is echter enigszins in tegenspraak met de bevindingen bij blinden, die over het algemeen zeer goed kunnen richtinghoren. Het richtinghoren bij blinden is echter volgens *Hörter* niet beter dan bij zienden. Volgens hem kunnen zij zich beter op het geluid concentreren.

Over het belang van de oorschelp bij de geluidslokalisatie werd reeds bij het monotische richtinghoren melding gemaakt. Het trommelvlies is van geen betekenis voor het richting waarnemen. *Weber* deed richtingproeven onder water. Hij vond, dat wanneer geen luchtbel in de gehoorgang aanwezig was, geen goede geluidslokalisatie mogelijk is; was er wel een

luchtbel dan wel. *V. Hornborstel*, die de proeven ook deed, kon in geen van beide gevallen meer richtinghoren constateren: een geluidsbron die in het verlengde van de ooras was gelegd, werd ongeveer 15° uit de mediaanlijn naar opzij gelokaliseerd.

Over de gehoorspiertjes kan gezegd worden, dat deze waarschijnlijk geen betekenis hebben bij de geluidslokalisatie (*Köhler*), hoewel de gedachte aanlokkelijk is dat door middel van akkomodatie aan verschillende tonen het richtinghoren zou worden verbeterd.

Het belang van de cochlea voor het richtinghoren staat wel vast. Hier heeft men vooral gezocht naar patiënten met verschillende soorten hardhorendheid. Overeenkomstig de intensiteitsteorie moet de lokalisatie naar het goede oor verschoven worden. *Politzer* en *Urbantschitsch* vonden bij hun hardhorende patiënten met verschillend gehoor links en rechts geen regel hierin. *Münnich* vond een verlegging van het lokaliseren naar het oor met het beste gehoor; een bepaalde verhouding tussen de sterkte van de verandering en het gehoorverlies van de oren bestond echter niet. *J. Meyer* vond dat een pas ontstane hardhorendheid een lokalisatieverschuiving geeft. Een jarenlange bestaande hardhorendheid geeft dit verschijnsel niet meer. *Klemm* konstateerde bij een hardhorende met verschillend gehoor links en rechts geen afwijkingen. *Bezold* vond na opheffing van een hardhorendheid aan één zijde (hij zelf had een zeer harde cerumenprop gedurende 20 jaar in één oor) sterke lokalisatievergissingen. Dit duurde ongeveer twee à drie weken. Deze geleidelijke aanpassing wordt ook beschreven nadat een kunstmatige afsluiting van een oor wordt opgeheven (*Politzer, Preyer, Bloch, Jongkees* en *Groen*). *König* en *Süssman* vonden bij perceptiehardhorendheid boven 3000 Hz een slechte lokalisatie van geruisen in het mediosagittale vlak. Bij vestibulaire uitval door streptomycine met normaal gehoor was het richtinghoren in dit vlak normaal. Bestond erbij echter een cochleaire beschadiging, dan werd het richtinghoren in dit vlak weer sterk gestoord. *Krejci* vond bij alle slechthorenden een slechte geluidslokalisatie; *Meurman* vond bij bilateraal gefenestreerde patiënten met otosclerose veel slechter richtinghoren dan bij normalen. Bij unilateraal gefenestreeerden vond hij aan de gefenestreerde zijde een betere geluidslokalisatie dan

aan het niet-geopereerde oor (dat slechter hoorde). Hoofdbewegingen waren hierop niet van invloed. *Menzio* onderzocht patiënten met continue tonen, om te zien hoe alleen fase en intensiteit bij verschillende frekwentie een rol spelen. Hij liet daartoe een geluidsbron uit de mediaanlijn in het horizontale vlak bewegen en bepaalde de grootte van de hoek waarbij een nieuwe lokalisatie werd herkend, in zekere zin dus de drempelhoek. Bij normaal horenden was deze hoek 12 tot 24°, meestal tussen 18 en 20° voor frekwenties van 512 tot 4096 Hz. Geleidingshardhorenden vertoonden eenzelfde hoekverschil. Voor perceptiehardhorendheid zonder recruitment werd de hoekgrootte vooral voor de lagere frekwenties veel groter (en wel tussen 30 en 40°). Voor perceptiehardhorenden met recruitment bleek de waarde voor 512 Hz 20 à 30° te zijn, terwijl hij voor 2048 tot 2896 Hz 4 à 5° was. Hij konkludeerde dan ook dat geleidingshardhorenden normaal moeten kunnen richtinghoren. Verder vermeldt hij dat bij perceptiehardhorendheid met recruitment met toeneming van de intensiteit het richtinghoren slechter wordt. De invloed van hardhorendheid op het richtinghoren hangt dus van vele factoren af, ook al wordt de konklusie getrokken dat het orgaan van Corti belangrijk is voor de geluidslokalisatie.

Dat de concentratie zeer belangrijk is voor de geluidslokalisatie vonden *Münsterberg* en *Pierce*. Zij konstateerden, dat wanneer men zich op een punt precies rechts concentreerde, links de lokalisatie van geluiden minder nauwkeurig en onzeker wordt. *McGamble* vond minder nauwkeurigheid als hij zijn proefpersoon aan een bepaald punt in de ruimte liet denken voor alle andere punten.

Von Kries en *Auerbach* onderzochten het onderscheidingsvermogen naar de richting tussen twee geruisen bij verschillende hoeken ten opzichte van elkaar en de proefpersoon. De tijd waarin de proefpersonen de geluiden lokaliseerden bij verschillende invalshoeken van de geruisen werd gemeten. Zij vonden dat hoe kleiner de invalshoek tussen de geruisen was, des te langer het duurde voor zij goed gelokaliseerd werden. *Stumpf* vermeldt, dat men tonen van verschillende hoogte, die tegelijk gegeven worden, goed kan lokaliseren zonder hoofdbewegingen. Hij slaagde er in tien verschillende gelijktijdig

aangeboden tonen links en rechts goed te lokaliseren. De tijd, die hij er voor nodig had, werd langer naarmate er meer tonen waren bijgevoegd. Hij vond dat iedere toon goed lokaliseerbaar was, zonder dat er sprake was van maskering. Dat de concentratie op één punt belangrijk is blijkt ook wel uit de assimilatieverschijnselen die zich kunnen voordoen. *Lipps* noemt bijvoorbeeld de buikspreker met pop. *Stratton* vond met de omkeerbril, dat de lokalisatie van zichtbare geluidsbronnen met het gezichtsveld mee omkeerde. Bij niet zichtbare bronnen was dit over het algemeen niet het geval. Bij algehele omkering van het gezichtsveld, werd echter alleen onder en boven verwisseld, links en rechts niet. Door *de Boer* werd er ook op gewezen, dat door de aandacht op een bepaalde richting te concentreren, storende bijgeluiden uit andere richtingen op de achtergrond kunnen worden gedrongen, (dit heeft dus konsekwenties voor slechthorenden, die een gehoorapparaat dragen en voor regisseurs van hoorspelen, waarbij veel acteurs tegelijk moeten spreken). *Koenig*, *Hirsch* en *Kock* hebben hierover uitgebreide proeven genomen, *Koenig* toonde met een kunsthoofd met twee gescheiden kanalen naar het hoofd van de proefpersoon aan, dat wanneer storingsgeluid en signaal tegelijkertijd werkten, het signaal niet meer onderscheidbaar was als een van de kanalen werd uitgeschakeld (zoals ook in een restaurant het geval is, waar door het rumoer de verstaanbaarheid van de spraak achteruit gaat als men één oor afsluit). *Hirsch* toonde in een soortgelijke opstelling aan dat wanneer de azimuths van de bronnen van spraak en storing ten opzichte van elkaar werden veranderd, de spraakverstaanbaarheidsdrempel verandert met kleine doch konstante hoeveelheden; zijn de bronnen dicht bijeen gelegen, dan ligt de verstaanbaarheidsdrempel hoog, staan ze ver uit elkaar, dan is de drempel verlaagd. Hoewel de geluidsdrukkniveaus hier een rol spelen, doet het richtinghoren hier zeker mee, speciaal als het hoofd wordt bewogen bij binauraal horen. Ook *Kock* beschrijft soortgelijke uitkomsten. Hij vond verschillende opstellingen waarbij een minimum van verstaanbaarheid werd gevonden. Hij verklaart dit door interaurale faseverhoudingen gebaseerd op vertraging in de hersenen. Op voorgenoemde verschijnselen wordt door de schrijver voorgesteld de gehoorapparaten te voorzien

van twee mikrofoons en twee telefoons. In 1912 was door *Soret* hierop reeds patent aangevraagd.

Uit het voorafgaande blijkt dat uitgezonderd de zeer kleine groep aanhangers van de niet-akustische geluidslokalisatie, alle schrijvers van mening zijn dat tijd-, fase- en intensiteitsverschillen van groot belang zijn voor het richtinghoren; dat timbre-variaties, vooral door vervorming van het geluid door hoofd en oorschelp, en ook lichte hoofdbewegingen, de richtingssensatie aanzienlijk verbeteren in alle vlakken en dat verder de ervaring van het individu van betekenis is alsmede aandacht en optische controle.

HOOFDSTUK II

VRAAGSTELLING.

Hoewel vele verschijnselen door de tijds-, fase- en intensiteitsteorie worden verklaard, blijft een verschijnsel, door *Jongkees* en *Groen* gevonden bij hun onderzoekingen, onvolgende opgehelderd. Indien men in het horizontale vlak door de ooras om de 10° langs een cirkelboog van het linker oor naar het rechter de geluidsrichting in willekeurige volgorde laat bepalen, blijkt dat links en rechts op het verlengde van de ooras en in de mediaanlijn gemiddeld goed gelokaliseerd wordt, terwijl in het gebied tussen deze punten en vooral in de buurt van de 45° de aanwijzing in het algemeen te veel naar buiten

geschiedt. Indien men nu per meetpunt bv. vijf waarnemingen doet en deze gaat middelen en vervolgens deze gemiddelden op een assenstelsel uitzet, zó dat de meetpunten op de horizontale afgezet worden en de gemiddelde uitkomst van de waarnemingen op de vertikale as, dan ziet men in de meerderheid van de gevallen bij de normalen een zogenaamde S-kromme ontstaan. Men vindt deze S-kromme in de grafieken van andere onderzoekers terug, hoewel de nadruk daar niet op gevestigd werd. (*Clark en Graybiel, de Boer* ea.). In de grafiek is de subjektieve lokalisatie van het geluid uitgezet als functie van de objektieve plaats, verder

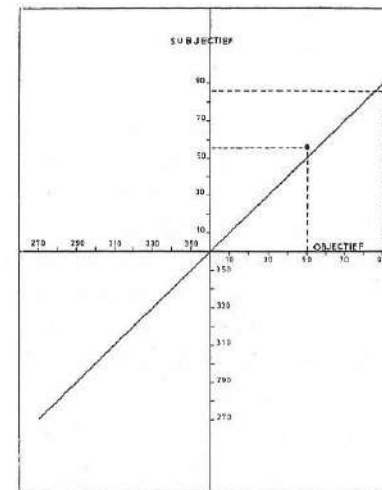


Fig. II, 1. Afbeelding van 2 punten bij meting verkregen. Bij een objektieve plaats van de geluidsbron op respectievelijk 50 en 90° worden zij subjektief waargenomen op respectievelijk 55 en 85° .

als een hoek in graden met het mediosagittale vlak van het oor af gerekend, naar rechts negatief, naar links positief.

Het gewone middelen van de gevonden waarden, door aanwijzen verkregen, geeft in het algemeen een vaak niet juist beeld van de werkelijke toestand. Immers, indien de proefpersoon bij het bepalen van het nulpunt midden voor tweemaal 10° naar links en driemaal 10° naar rechts wijst, dan ligt het gemiddelde 2° naar rechts en aldus komen de grote fouten, die proefpersonen naar links en rechts maakten, in zo'n curve geheel niet tot uitdrukking.

Zo zal het mogelijk zijn dat de curve, verkregen door het middelen van een aantal waarnemingen als geheel korrekt is, maar niet een afspiegeling is van het normale richtinghoren. Alle gegevens zullen dus statistisch bewerkt moeten worden om een gefundeerde konklusie te kunnen maken over de reële vormen van de S-kromme bij normaal horen. Voor een klinisch onderzoek van patiënten of normalen is het in de praktijk ondoenlijk een groot aantal waarnemingen op ieder punt van de graadboog te verrichten. Er zal dan ook moeten worden nagegaan of aanwijzing van enige karakteristieke punten, waardoor het S-karakter van de lijn wordt bepaald, bijv. 0 , 45 en 90° links en rechts grote verschillen opleveren bij onderzoek van normale proefpersonen en hardhorenden. Daar de bevindingen van vele auteurs over de aanpassing van het lokalisatiemechanisme bij een bepaalde hardhorendheid nogal verschillen, zal worden nagegaan hoe het richtinghoren zich gedraagt bij verschillende soorten hardhorendheid. Vooral patiënten, die aan één oor totaal doof zijn, zijn in dit verband van belang. Immers voor hen geldt geen tijds- of fase- en intensiteitsverschil. Hier bestaat de mogelijkheid dat door timbreverschillen, veroorzaakt door buigingsverschijnselen om hoofd en oorschelp het richtinghoren mogelijk wordt. Als tweede bestaat de mogelijkheid door hoofdbewegingen tot een goede richtingsperceptie te geraken. Ook valt te overwegen of het vestibulaire orgaan van betekenis is bij de richtingsperceptie.

Om te trachten een antwoord te vinden op bovengenoemde vragen werd het volgende onderzoekschema samengesteld.

A. Ten eerste zal moeten worden nagegaan of de S-kromme die verkregen wordt door het middelen van een aantal waar-

nemingen per meetpunt wel reëel is, m.a.w. of deze S-curve niet wordt veroorzaakt door eigenschappen buiten het richtinghoormechnisme en of statistisch de afwijking van de rechte lijn op 45° die dus een identiteit van subjektieve en objektieve plaatsbepaling aangeeft, significant is. Zo moet worden onderzocht of de S-kromme zijn ontstaan dankt aan een konstante wijsfout doordat bij de proeven de proefpersoon met de ogen dicht, dus zonder optische korrektie, de richting van de geluidsbron moet aanwijzen.

Ook kan de manier van aanwijzen van belang zijn.

Het is ook mogelijk, dat de aard van het geluid, met name een zuivere toon of een geruis, een faktor van belang is.

Eveneens moet worden nagegaan of de reflexie in de ruimte waarin het onderzoek plaats vindt, de proefpersoon van de wijs brengt.

Tenslotte moet worden gecontroleerd of de houding van de proefpersoon en voornamelijk de stand van het hoofd in de ruimte belangrijk is.

B. Hoe zal bij verschillende soorten hardhorendheid de curve zich gedragen? Er zal moeten worden nagegaan hoe de grafiek wordt bij geleidingshardhorendheid, bij perceptiehardhorendheid, bij otosclerose, bij patiënten, die tengevolge van ooroperaties een holte in het mastoid kregen en bij wie dus een veranderde resonantie te verwachten is en tenslotte bij de aan één oor dove patiënten.

Indien bij de groep van aan één oor dove patiënten bij wie te verwachten valt dat een slechte geluidslokalisatie bestaat, toch mensen zijn met een redelijke geluidslokalisatie, dan moet deze dus tot stand komen door de oorschelp, die een bepaalde verandering van het geluid geeft al naarmate de invalshoek ten opzichte van het oor verandert of door hoofdbewegingen, waarbij vooral een richteffekt van oorschelp en gehoorgang van belang zou moeten zijn, of door het vestibulaire orgaan waar, door verandering van de invalshoek van het geluid, een andere golfbeweging door de kanalen gaat.

De vraag of de oorschelp van belang is, zal worden nagegaan door een kunsthoofd in verschillende standen aan een geluidsbron bloot te stellen, eerst met en later zonder oorschelp en tenslotte met een pijpje in het oor van het kunsthoofd. Ver-

volgens zal worden nagegaan of normale proefpersonen eenzelfde curve krijgen met en zonder afsluitende pijpjes in de oren en hoe patiënten zonder oorschelpen lokaliseren. Het belang van het vestibulaire orgaan zal worden nagegaan door patiënten, die de functie van het vestibulaire orgaan missen, op hun richtingshoren te testen en te zien of bij hen normale curven te verkrijgen zijn.

Er moet worden onderzocht of calorische prikkeling van het vestibulaire orgaan een afwijking in de geluidslokalisatie veroorzaakt. Daarna zullen de proeven van *Klensch* (zie inleiding en hoofdstuk VI) herhaald worden bij een aantal proefpersonen en patiënten zonder labyrinthaire functie. Deze proeven zullen worden uitgebreid om eventuele halsreflexen uit te schakelen. Tenslotte zal worden nagegaan of door draai-prikkels ook labyrinthlozen verkeerde richtingsperceptie van geluid krijgen, zoals men dit bij normale proefpersonen vindt.

Of de beweging van het hoofd van veel belang is, zal worden nagegaan door bij proefpersonen met gefixeerd hoofd het richtinghoorvermogen te bepalen en de uitkomsten hiervan te vergelijken met die waarbij het hoofd niet gefixeerd was.

HOOFDSTUK III.

EIGEN EXPERIMENTEN.

§ 1. De normale lokalisatiegrafiek wordt op de volgende wijze verkregen:

De proefpersoon zit op een stoel, met het hoofd tegen een steun, die een redelijke fixatie zonder volledige bewegingsloosheid waarborgde. In het horizontale vlak geprojecteerd door de ooras (de lijn die beide oren verbindt) ligt een graadboog van 360° , waarvan het middelpunt in het midden van de ooras

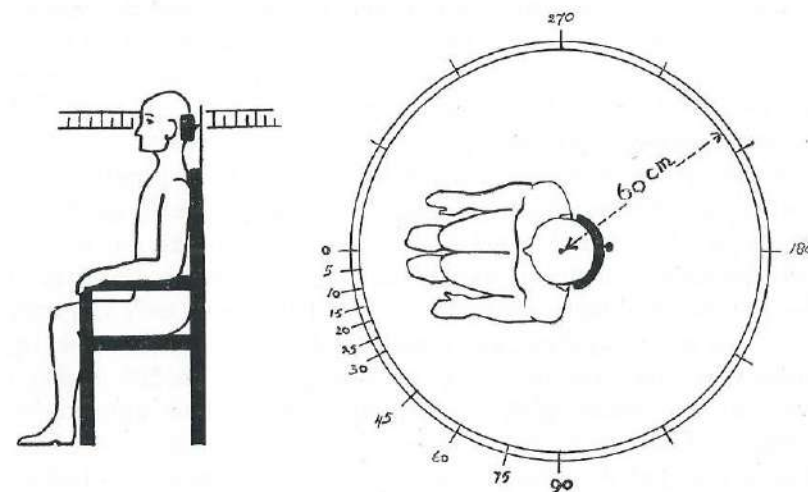


Fig. III. 1. Schema van de normale proefopstelling van opzij en van boven gezien.

valt en waarvan de straal 60 cm is. Als geluid wordt gebruikt een toon van 1000 Hz geleverd door een toongenerator. Om het wijzen zo nauwkeurig mogelijk te laten doen, wordt alleen de halve cirkel aan de voorzijde van de proefpersoon gebruikt.

De proefpersoon wijst met zijn wijsvinger van de homolaterale zijde op de graadboog aan, uit welke richting hij het geluid meent gehoord te hebben. Er worden achttien meetpunten gebruikt, met name de hele tientallen op de graadboog. Van ieder punt worden in willekeurige volgorde vijf waarnemingen verricht. Dat de waarnemingen in willekeurige volgorde geschieden en niet volgens een vast schema, bv. van mediaal naar lateraal, is noodzakelijk daar vele proefpersonen de neiging vertonen „achter” te blijven bij de geluidsbron. Indien men n.l. de waarnemingen konstant van mediaal naar lateraal verricht, dan ziet men dat sommige proefpersonen konstant te veel naar mediaal wijzen. Wanneer men echter van lateraal naar mediaal de geluidsbron 10 of 20° laat verschuiven, wordt konstant te veel naar lateraal gewezen. Zo kan zelfs een curve ontstaan, die als het ware het spiegelbeeld van de normale curve is: een S-kromme waarvan het karakter door de volgorde van het wijzen is bepaald. Het verdient daarom aanbeveling na iedere waarneming in één kwadrant aan de andere zijde een geluid te geven en daarna eerst in het kwadrant, waarin men bezig was, de volgende waarneming te verrichten. Verder dient er voor gewaakt te worden, dat de aandacht van de proefpersoon niet verslapt. Dit kon worden voorkomen door halverwege de proef te stoppen en even met de proefpersoon te praten. Verder werd meestal tweemaal geluid gegeven. korte geluiden van 1/4 à 1/2 sekonde. Dit vinden de meeste proefpersonen prettiger, daar men zich nu beter concentreren kan, omdat het herinneringsbeeld van het geluid zich vrij snel over een groter gebied gaat uitstrekken. Het bleek dan ook bij onderzoek, dat, wanneer voor de tweede maal geluid gegeven was, dit voldoende bleek om de patiënt zichzelf te laten corrigeren. Gaf ik echter een derde keer een signaal op dezelfde plaats, dan gaf de proefpersoon meestal geen nieuwe lokalisatie meer aan.

Van de aldus verkregen waarden wordt het gemiddelde genomen en op de vroeger beschreven methode in een grafiek in curve uitgezet. Op deze wijze ontstaat in de meerderheid van de gevallen een S-vormige kromme.

Bij 40 normale proefpersonen werd aldus een lokalisatiegrafiek gemaakt, die per individu nogal eens verschillend was.

Steeds echter ontstaat een grafiek waarbij de subjektieve lokalisatie niet geheel overeenstemt met de objektieve plaats waar het geluid wordt voortgebracht. Er ontstaat een S-vormige kromme, die aangeeft, dat een schuin van vorenstaande geluidsbron meer naar buiten (d.w.z. verder van de mediaanlijn) wordt gelokaliseerd. (Zie fig. III, 2).

§ 2. Om na te gaan in hoeverre optische waarneming hier corrigerend kan werken en om te zien of de S-curve van de manier van het aanwijzen wellicht afhankelijk is, wordt de volgende proefopstelling gemaakt:

De proefpersoon wordt op een stoel geplaatst en wel zo, dat zijn hoofd boven een horizontaal scherm uitsteekt. Dit scherm belemmert de armbewegingen niet voorzover deze nodig zijn een bepaalde richting aan te geven onder het scherm, dat een straal heeft van ongeveer 60 cm. (Zie fig. III, 3).

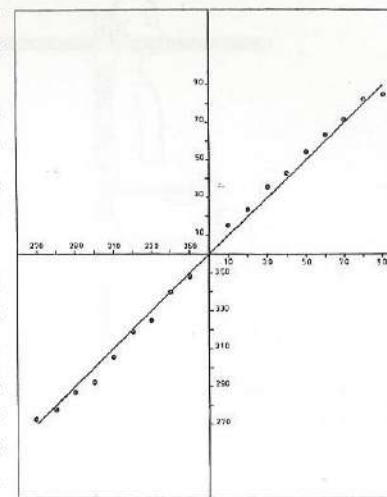


Fig. III, 2. Afbeelding van een normale lokalisatie-curve.

De proefpersoon moet nu wijzen, onder het scherm, naar een vertikaal goed zichtbaar staafje, dat langs de schaalverdeling, welke aan de buitenkant van het scherm is aangebracht, wordt bewogen. Vervolgens moet hij een bepaalde stand van het staafje aangeven en daar hij zijn armen niet kan zien, zonder optische controle, de (optische) richtingsindruk in een aanwijzing overzetten. Dit aanwijzen moet steeds om de 10° gebeuren en wel van 60° links tot 60° rechts, zodat de proef steeds bij binokulair zien geschiedt. Ieder punt wordt vijfmaal aangewezen en van deze vijf waarden wordt dan het gemiddelde genomen en in grafiek gebracht.

Op deze wijze zijn zeven proefpersonen onderzocht. Bij één proefpersoon werd een afwijking gevonden in het aanwijzen, die men zou kunnen vergelijken met een S-curve zoals die bij die geluidslokalisatiecurve te voorschijn komt. Bij vier proef-

personen werd slechts aan één zijde een geringe afwijking gevonden, terwijl zij aan de andere zijde of goed aangaven of foutief, maar dan zó dat er een curve ontstond tegengesteld aan de S-curve die men bij richtinghoren zou verkrijgen.

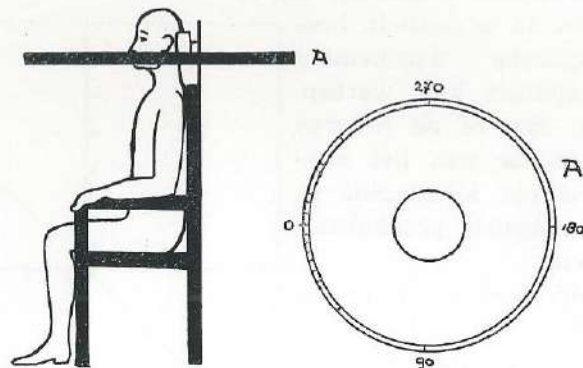


Fig. III. 3. Schema van opstelling bij optische richtingswaarneming, waarbij optische correctie van de wijzende arm niet mogelijk was door plaatsing van een afschermingsplaat A.

Bij twee proefpersonen lag de gehele curve aan de verkeerde kant of liep op sommige punten naar de „ideale” lijn terug. De afwijking van de te verwachten waarde (de plaats waarop het staafje stond) was aan weerszijden niet groter dan 2° . Deze afwijkingen waren kwalitatief en kwantitatief zeer zeker niet vergelijkbaar met de uitkomsten die ik bij akustische proeven zag en kunnen dus ook niet de vorm van de normale hoorrichtingskromme geheel verklaren, al heeft wellicht de wijze van aangeven van de richting van het gehoorde enige invloed.

Daarna wordt dezelfde proef herhaald en wel met een lampje in plaats van het staafje. Op de graadboog, nu zonder scherm, wordt even een lampje ontstoken. De proefpersoon mag hier even naar kijken, moet vervolgens de ogen sluiten en dan één sekonde later de plaats waar het lampje zich bevond, aanwijzen.

Bij tien proefpersonen werd deze methode gevolgd en bij allen werd een curve verkregen, die veel geleek op de curve die bij het lokaliseren van geluid werd verkregen, alleen met

kwantitatief veel kleiner afwijking. Het optisch herinneringsbeeld verschuift klaarblijkelijk bij groter hoek met de mediaanlijn eveneens meer naar lateraal dan met de werkelijkheid overeenkomt. (Fig. III, 4).

§ 3. Om de wijsfunctie bij de akustische proeven na te gaan, wordt in de opstelling, beschreven onder § 1, aan de proefpersoon opgedragen in het linker kwadrant met de rechter hand en het rechter kwadrant met de linker hand de geluidsbron aan te wijzen. De resultaten waren als volgt:

Proefpersoon	Op gewone wijze verkregen curven	Curven verkregen bij gekruist wijzen
1	normaal	normaal
2	normaal	normaal
3	normaal	normaal
4	normaal	iets te veel in het midden
5	normaal	normaal

Bij slechts één proefpersoon op de 5 onderzochte, was er enig verschil tussen normaal en gekruist aanwijzen en men kan dus konkluderen, dat de methode van aanwijzen er niet toe doet (fig. III, 5). (Steeds werd er voor gewaakt, dat het hoofd precies in de aanvankelijke stand werd gezet, voordat opnieuw een signaal werd gegeven).

§ 4. Vervolgens werd nagegaan in hoeverre geluidsreflexies het ontstaan van de S-kromme zouden kunnen beïnvloeden. De proefopstelling werd nu verplaatst naar de echovrije ruimte van de Nederlandse Radio Unie, waar ook weer wordt gewerkt met een zuivere toon van 1000 Hz ongeveer 40 dB boven de drempel. Er werden zes proefpersonen getest. Ik liet vijf van deze personen eerst een lange toon van ongeveer 4 seconden horen. De krommen hierbij ontstaan waren slechts bij twee proefpersonen normaal. De curven waren onregelmatiger van vorm; vooral aan de periferie lagen zij links vaker aan de verkeerde zijde van de ideale lijn dan rechts. (Fig. III, 6). De volgende resultaten werden verkregen:

Proefpersoon	In laboratorium opstelling verkregen curven	In echo-vrije ruimte met lange tonen verkregen curven
1	normaal	normaal
2	normaal	links wat afwijkend
3	normaal	links wat afwijkend
4	normaal	normaal
5	normaal	links wat afwijkend

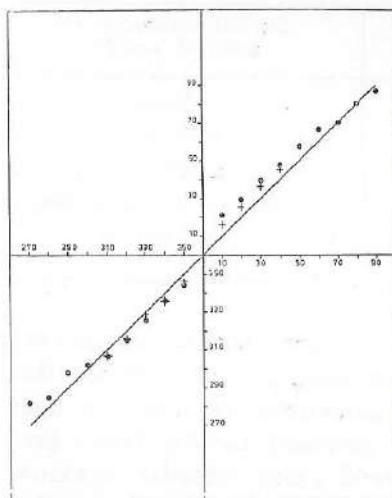


Fig. III, 4. De punten geven de akustische richtingsgewaarwording aan, de kruisjes de optische, bij een normale proefpersoon.

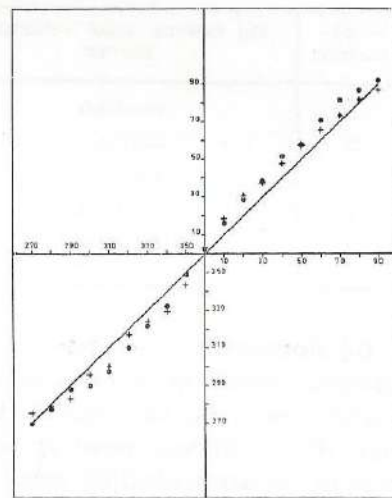


Fig. III, 5. De kruisjes geven de curve voor gekruist aanwijzen, de punten de op normale wijze verkregen curve (proefpers. no. 5).

Vervolgens werd bij vier proefpersonen hetzelfde proefje herhaald, maar nu met tonen van zeer korte duur (naar schatting 1/4 seconde). Hierbij kwam in geen enkel geval een geheel normale curve te voorschijn. Ook hier weer werden de curven onregelmatig, vaak afgeplat aan de periferie. Ook bleek hier weer, dat vooral links de afwijking groter was dan rechts. (Fig. III, 7). Deze resultaten waren als volgt:

Proefpersoon	In laboratorium opstelling verkregen curven	In echo-vrije ruimte met korte tonen verkregen curven
1	normaal	vooral links wat afwijkend
2	normaal	links afwijkend
3	normaal	links afwijkend
4	normaal	links perifeer afwijkend.

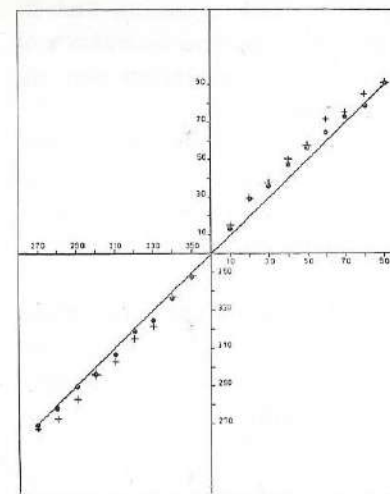


Fig. III, 6. De kruisjes stellen de curve voor verkregen in de echo-vrije ruimte van de N.R.U. met korte tonen, de punten de curve verkregen in de laboratoriumopstelling. (Proefpersoon 1).

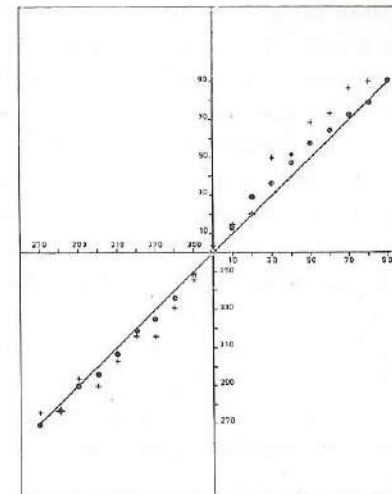


Fig. III, 7. De kruisjes stellen de curve voor verkregen in de echo-vrije ruimte van de N.R.U. met lange tonen, de punten de curve verkregen in de laboratoriumopstelling. (Proefpersoon 1).

Het verschil tussen links en rechts kan niet verklaard worden uit reflexies uit de omgeving, daar het benodigde instrumentarium, in de echovrije ruimte opgesteld, zeer klein van proportie was en degene, die de geluidsbron bediende, steeds meeliep met deze bron. De oorzaak moet dus in het percipiërende orgaan liggen. Dit verschil tussen links en rechts was al eens eerder ontdekt; Perakelin vond rechts eveneens minder foutieve aanwijzingen dan links.

Vergelijkt men bovengenoemde resultaten met die van de

gebruikte opstelling in het laboratorium met zijn vele mogelijke reflexies, dan zijn over het algemeen de verschillen niet erg groot met de waarnemingen in de reflexvrije ruimte met lange tonen. Hieruit zou men kunnen besluiten dat reflexies door het gehoororgaan enigermate gecompenseerd of wel juist gebruikt worden (*Wallach en Rosenzweig*) (normaliter hoort men in een omgeving waar veel reflexies zijn en daar men niet gewend is in een reflexvrije ruimte te verkeren, is het resultaat hier dan ook wat slechter).

Dat bij korte tonen een afwijkend resultaat ontstaat, kan ik niet verklaren. Dat het alleen een kwestie van concentratie zou zijn, komt niet in aanmerking, daar dan de resultaten aan de rechterzijde eveneens slechter zouden moeten zijn.

Samenvattend is dus op te merken dat bij onderzoek in een echovrije ruimte eveneens de S-kromme (hoewel sterker afwijkend) wordt gevonden en dat deze S-vorm dus door een ander mechanisme dan reflexie tegen de wanden van het onderzoek-lokaal veroorzaakt moet worden.

§ 5. Vervolgens heb ik nagegaan of de aard van het geluid van betekenis is. Ter vergelijking met de gebruikte toon van 1000 Hz werd nu „white noise”, d.w.z. een continu geluid zonder kenmerkende eigen frekwenties gebruikt. De volgende resultaten werden gevonden:

Proefpersoon	Curve verkregen met een toon van 1000 Hz	Curve verkregen met „white noise”
1	normaal	iets meer S-vorm dan bij 1000 Hz
2	normaal	minder S-vorm dan bij 1000 Hz
3	normaal	minder S-vorm dan bij 1000 Hz
4	normaal	minder S-vorm dan bij 1000 Hz
5	normaal	identiek met 1000 Hz

In de door mij gebruikte proefopstelling bleek dat een geruis iets beter gelokaliseerd werd dan een zuivere toon van 1000 Hz. Wel vonden alle proefpersonen dat zij zich meer in moesten spannen bij het lokaliseren van het geruis. Dit is echter misschien te verklaren uit het feit, dat het geruis iets

zachter was (ongeveer 30 dB boven de drempel) dan bovengenoemde toon. (Fig. III, 8).

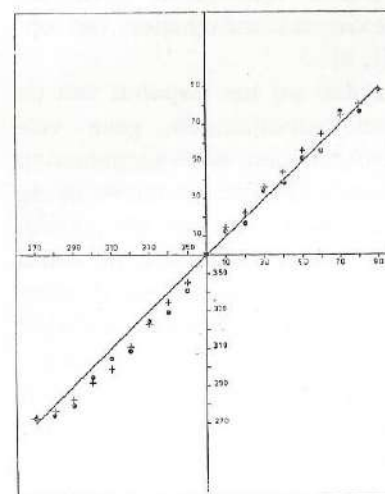


Fig. III, 8. De kruisjes geven de curve verkregen met een geruis, de punten de normale curve verkregen met een toon van 1000 Hz. (Proefpersoon 3).

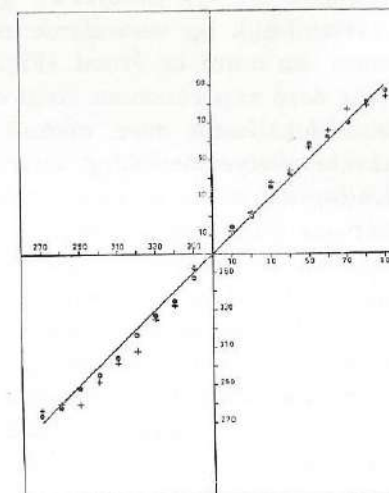


Fig. III, 9. De kruisjes geven de resultaten verkregen bij een liggende proefpersoon, de punten welke werden verkregen bij dezelfde persoon in de normale zittende houding (proefpersoon 3).

§ 6. Om na te gaan of de stand van het hoofd in de ruimte invloed heeft, wordt eerst weer een curve van de proefpersoon in normaal zittende houding gemaakt en daarna hetzelfde in liggende houding herhaald. De resultaten waren als volgt:

Proefpersoon	Curven verkregen in normale houding	Curven verkregen in liggende houding
1	normaal	normaal
2	normaal	normaal (zelfs minder S-vorm)
3	normaal	normaal
4	in de periferie iets afwijkend	normaal
5	normaal	links iets afwijkend

Daar de bij deze proefopstelling gevonden waarden niet duidelijk verschillen met die in zittende houding, kan men kon-

kluderen, dat de houding van het hoofd niet van invloed is op het richtinghoren. De door vroegere onderzoekers (*Gemelli, Neuman* en *von Skramlik*) gevonden verschillen berustten waarschijnlijk op veranderde reflexie-omstandigheden ten opzichte van muur en grond. (Fig. III, 9).

Uit deze experimenten volgt dus, dat, bij het bepalen van de geluidslokalisatie door middel van aanwijzingen, geen volmaakte overeenstemming tussen aangeboden en waargenomen richting aanwezig is. Een kenmerkende S-vormige curve in de door ons gebezigde grafische voorstelling is hiervan het gevolg. Deze is niet het gevolg van reflexies, aanwijstechniek, de stand van het hoofd in de ruimte, of het soort geluid. Deze S-vorm wordt niet bij visuele plaatsbepaling teruggevonden, behalve wanneer via een tijdsinterval de herinnering wordt ingeschaald. Ook dan nog is de S-vorm minder uitgesproken, terwijl tevens bij de auditieve lokalisatie, ook zonder aanwijsbaar tijdsinterval, de S-kromme ontstaat.

HOOFDSTUK IV.

STATISTISCHE BEWERKING VAN DE GEGEVENS.

Om na te kunnen gaan in hoeverre de door ons gevonden deviaties niet op toevallige afwijkingen berustten ten gevolge van het uiteraard beperkte waarnemingsmateriaal, hebben wij allereerst de gegevens, verkregen uit de richtingsdiagrammen, (lokalisatiegrafieken), van 40 normaal horenden nader uitgewerkt. Elke waarneming is het gemiddelde van een vijftal door de proefpersoon aangewezen richtingen bij aanbieding van het geluid onder een en dezelfde hoek. De afwijking van deze waarnemingen van de richting van het geluid noemen wij de deviatie.

Wij zijn begonnen aan te nemen, dat de verdeling van onze waarnemingen een normale was. Wij hebben toen onze waarnemingen uitgezet op z.g. waarschijnlijkheidspapier. (Zie fig. IV, 1).

Is a het aantal waarnemingen met een deviatie kleiner of gelijk γ dan werd $\frac{a}{40} \times 100$ tegen deze γ uitgezet. Kiest men nu voor γ de waarden van de deviatie, zoals deze bij onze waarnemingen per richting optraden, dan is het resultaat een figuur analoog aan fig. IV 1, doch in normale om-

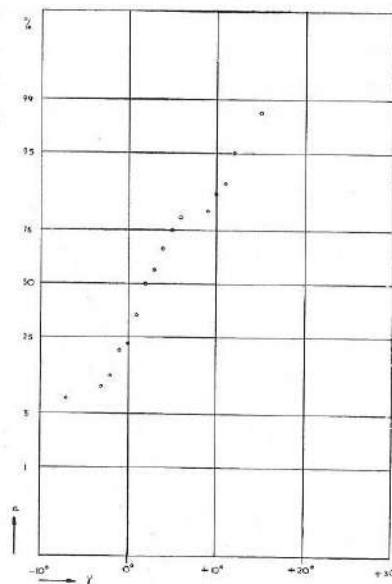


Fig. IV. 1. De deviaties ten opzichte van 270° , op waarschijnlijkheidspapier uitgezet: a is het kumulatieve aantal waarnemingen in procenten, γ de deviatie in graden.

standigheden met de punten op een rechte lijn. Voor een aantal richtingen bleek de normale verdeling inderdaad een vrij aardige benadering voor onze waarnemingen. In andere gevallen was echter de afwijking van deze verdeling zo groot, dat vasthouden aan de normale verdeling te grote onbetrouwbaarheid zou opleveren bij onze verdere konklusies. Fig. IV 1 is hiervan een voorbeeld: Immers, indien onze waarnemingen een normale verdeling hadden zouden de punten op een rechte lijn gelegen moeten hebben.

Voor verdere statistische verwerking van onze gegevens hebben wij daarom gebruik gemaakt van de toets van Wilcoxon en de daaruit afgeleide symmetrietoets.

Deze toets hebben wij toegepast om te onderzoeken of de verdeling van de waarnemingen symmetrisch is ten opzichte van de richting van de geluidsbron. Toegepast voor iedere richting afzonderlijk, wordt uit de waarnemingen een grootheid T berekend (Wilcoxon 1950: rapport Mathematisch Centrum S 208-M 76). De kansverdeling van deze grootheid, onder de veronderstelling dat de verdeling van de waarnemingen symmetrisch is ten opzichte van de richting van de geluidsbron (in het vervolg aangeduid met H_0), is bekend en kan schematisch worden voorgesteld (zie fig. IV 2).

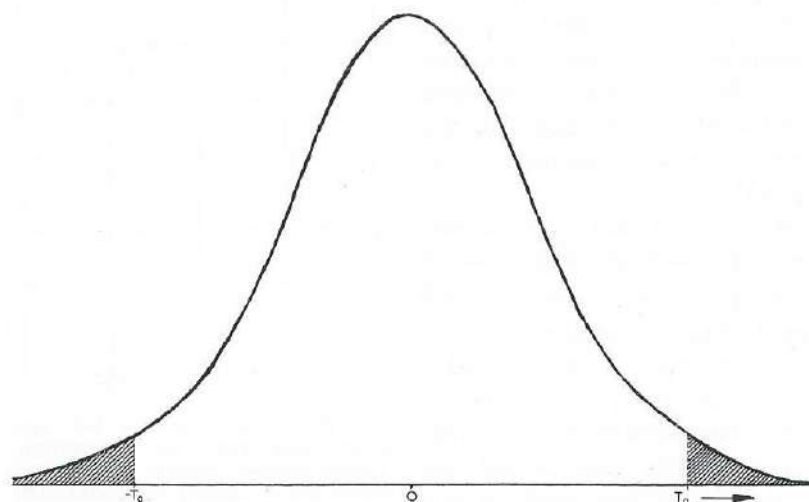


Fig. IV. 2. De „normaalverdeling” van T .

Als de verdeling inderdaad symmetrisch is, zal deze grootheid T in het algemeen waarden in de buurt van nul aanneemen. Is de verdeling niet symmetrisch, dan neemt T in het algemeen grote positieve of grote negatieve waarden aan. We berekenen, als T_0 de gevonden waarde is, het oppervlak onder de kromme rechts van $+ [T_0]$ vermeerderd met het oppervlak links van $- [T_0]$. We bepalen dus de kans, dat $[T]$ een waarde aanneemt $\geq T_0$ *). We verwerpen de hypothese H_0 als deze kans $\leq$ dan 0,05 is. Deze grens wordt onbetrouwbaarheidsdrempel genoemd. De resultaten van deze berekeningen zijn in fig. IV, 3 vervat. Hier is deze overschrijdingskans op logaritmische schaal tegen de hoek, waaronder het geluid werd aangeboden, uitgezet.

Uit deze figuur, waarin tevens de onbetrouwbaarheidsdrempel

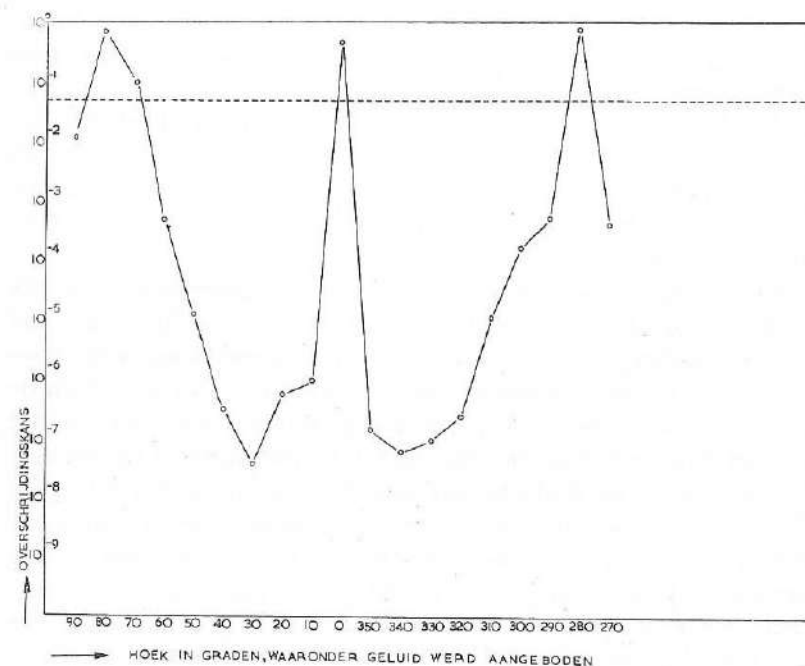


Fig. IV. 3. Grafische voorstelling van de overschrijdingskans op logaritmische schaal afgezet tegen de hoek waaronder het geluid werd aangeboden. De stippellijn stelt de onbetrouwbaarheidsdrempel $\alpha = 0,05$ voor.

*) Deze kans wordt in het algemeen de overschrijdingskans genoemd.

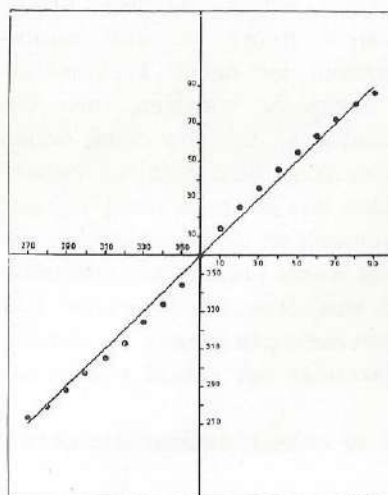


Fig. IV, 4. De S-curve van het gemiddelde van 40 waarnemingen afgezet tegen de hoek waaronder het geluid werd aangeboden.

pel is aangegeven, volgt dat een groot deel van de waarnemingen essentieel afwijkt van de „ideale” rechte. Alleen voor de waarnemingen bij 80° , 0° en 280° kunnen wij de hypotese van de symmetrische verdeling niet verwerpen. Dit is logisch, omdat voor deze punten de bij onze normale proefpersonen gevonden S-vormige curve de rechte lijn snijdt. Fig. IV 4, waarin de gemiddelden van de 40 waarnemingen tegen de hoek, waaronder het geluid is aangeboden, is uitgezet, onderstreept het bovenstaande nogmaals.

Rest ons in dit verband nog op te merken, dat voor het gebied van 40° — 10° en 350 t/m 320° de overschrijdingskansen $\leq 10^{-6}$ zijn, hetgeen aantoont, dat de deviaties in dit gebied hoogst significant zijn.

Willen wij nu aan de hand van onze waarnemingen nagaan wanneer het richtinghoren van een patiënt afwijkt van het normale gedrag, dan zal men bij het beschouwen van één enkele hoek, bijv. 30° , ondanks de significantie van de deviatie t.o.v. de rechte een zeer grote marge moeten toestaan, omdat men slechts één waarneming tegen 40 normalen kan stellen. Nu zal men in de praktijk een volledige curve opnemen en deze curve als zodanig met de S-vormige curve voor de normalen willen vergelijken. Dit wil eigenlijk niets anders zeggen, dan dat één enkele afwijkende waarneming weinig betekent, wanneer het pathologische gedrag niet ondersteund wordt door dat van naburige punten.

Hieruit blijkt onmiddellijk, dat het beoordelen van een afwijkende S-curve op één enkel punt een grotere marge vraagt omdat het verband, al dan niet ten ongunste, met de naburige punten wordt verwaarloosd. Ook uit een ander oogpunt is het

wenselijk een dergelijke curve met bijv. één enkel getal te kunnen karakteriseren. Men wenst n.l. niet vast te leggen of bij één enkele hoek het richtinghoren van de patiënt afwijkt, maar men vraagt een uitspraak over het richtinghoren in het horizontale vlak als totaliteit. Met het bepalen bij een patiënt van de integraal van de deviatie over de hoek waaronder het geluid wordt aangeboden, is men niet klaar, omdat de invloed van „positieve” en „negatieve” deviaties elkaar opheffen, ondanks het feit, dat elk van de deviaties buitensporig hoog kan zijn. Als voorbeeld van een dergelijke curve zouden wij naar fig. V, 9 willen verwijzen, terwijl het voor de patiënt, wiens curve in fig. V, 12 wordt getoond, weinig uitmaakt. Het spreekt daarom vanzelf, dat wij de integraal van de absolute waarden van de deviatie als vergelijkingsmaat hebben gekozen.

Het oppervlak, omschreven door de S-curve en de ideale curve (een rechte dus), hebben wij als vergelijkingsmaat gekozen. Dat hierbij de waarde van deze integraal voor het gemiddelde van de normaal-horenden als correctie mag worden aangebracht spreekt voor zichzelf. Echter de geringe waarde van deze correctie heeft ons hiervan doen afzien. Blijft alleen nog over de kwestie of men over het totaal aantal waarnemingen dient te integreren of dat dit per kwadrant moet geschieden. Wij hebben derhalve met de symmetrietoets van Wilcoxon onderzocht of de integralen van de absolute waarde voor links- en rechts richtinghoren tot de zelfde verdeling behoorden. De toets is hier toegepast op de 40 verschillen tussen links en rechts. De overschrijdingskans is 0,03. Stellen we de onbetrouwbaarheidsdrempel op 0,05, dan moeten wij konkluderen, dat het richtinghoren rechts en het richtinghoren links twee verschillende facetten van het richtinghoren zijn. Dit onderstreept nogmaals de bevindingen van Perakelin, die ook verschil tussen links en rechts vond. Met behulp van de twee steekproeventoets van Wilcoxon (Wilcoxon 1945; Mann, Whitney 1947 en Mathematisch Centrum, Rapport S 176-M 65) zijn wij nu ook in staat te onderzoeken wanneer het richtinghoren als afwijkend moet worden beschouwd.

Deze toets wordt toegepast op twee steekproeven, waarbij één groep gevormd wordt door de 40 normalen ($n = 40$) en de andere groep bestaat uit één pathologisch geval ($m = 1$). Deze

laatste groep moet beslist één kenmerk hebben waarin hij zich onderscheidt van de normale, in ons geval dus hardhorendheid. De toetsingsgrootheid W , die bij deze toets gebruikt wordt, neemt waarden aan tussen 0 en $2 m \times n$. In ons geval dus tussen 0 en 80. Met deze methode toetsen we de hypothese, dat de twee steekproeven uit één verdeling afkomstig zijn. We gebruiken de éézijdige toets, d.w.z. dat we als alternatief alleen beschouwen die gevallen, waarbij het oppervlak tussen rechte en S-curve systematisch groter is dan die van de normale. We krijgen een overschrijdingskans 0,05, wanneer W de waarde 0 of 2 aanneemt. Dit wil zeggen dat, als de waarneming bij het pathologische geval een afwijking aangeeft die groter is dan de op één na grootste bij waarneming van normalen, wij konkludereren tot een afwijkend richtinghoren. Deze getallen zijn resp. voor links en rechts 820 en 1065, wanneer zowel de deviatie als de hoeken in graden worden uitgedrukt. Deze waarden zijn door de geringe coherentie van links en rechts van die aard, dat geen van beide grenzen bereikt mag worden. Zoals vanzelf spreekt zijn de resultaten afhankelijk van de meetkondities (d.w.z. van de opstelling als zodanig, de gebruikte toon, de stand van het hoofd ten opzichte van de meetcirkel en de integratiemethode).

Samengevat kan dus gezegd worden, dat het verband tussen gedoseerde aan aangewezen richting niet lineair is en dus afwijkt van de ideale rechte; een verband dat wij reeds vroeger met S-curve hebben gedefinieerd. Deze S-curve doorsnijdt de rechte behalve in het nulpunt ook nog in de punten 80 en 280°, hetgeen als aanvulling beschouwd kan worden aan de metingen van *Jongkees* en *Groen*.

Ook waren wij in staat aan te tonen, dat tussen het richtingwijzen links en rechts géén coherentie bestaat. Ieder kwadrant doet denken aan een halve S-curve, maar men moet hierbij bedenken, dat beide kwadranten samen statistisch gesproken geen S-curve vormen (hoewel wij gemakshalve evenals in het voorgaande zullen blijven spreken van een S-curve).

Tenslotte waren wij nog in staat een grens vast te stellen waarbinnen het richtinghoren, onder bepaalde voorwaarden, als normaal gedefiniëerd kan worden. Op grond van voldoende waarnemingsmateriaal, dat wij ter beschikking hadden, moet

ook het richtinghoren van normaal horenden in sommige gevallen als pathologisch aangemerkt worden. Dit vindt zijn oorzaak in het feit, dat het richtinghoren pathologisch genoemd moet worden, indien de afwijking in de waarneming groter is dan de op één na grootste afwijking bij normalen; dit wil niets anders zeggen, dan dat de grootste waarnemingsafwijking van de normalen reeds pathologisch is.

HOOFDSTUK V.

HET RICHTINGHOREN BIJ HARDHORENDHEID.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek naar het lokaliseringsvermogen bij een aantal patiënten met gestoord gehoor weergegeven. De geluidsbron van 1000 Hz, voor deze proeven gebruikt, was steeds zó sterk afgesteld, dat de patiënt met beide oren afzonderlijk (d.w.z. met één oor dichtgedrukt), de toon goed kon horen. (Bij de aan één oor dove patiënten moest ik deze voorwaarde natuurlijk laten vervallen)

§ 1. *Otitis media chronica.*

Een aantal patiënten met deze afwijking, die in het algemeen aan een zuivere geleidingshardhorendheid leden, werd op de vroeger beschreven methode onderzocht. (Hoofdstuk III, § 1).

(Voor een beschrijving van enige korte gegevens over de patiënten zie aanhangsel blz. 101).

De gevonden resultaten worden weergegeven in het schema op blz. 53.

Onder de 14 patiënten met chronische otitis die werden onderzocht, waren er 9 met een normale beengleiding. Van deze groep hadden 2 patiënten een gelijk gehoor links en rechts op een frekwentie van 1000 Hz, de 7 anderen hadden een aan beide zijden verschillend gehoor op deze frekwentie van 10 dB of meer. Van de eerstgenoemde 2 patiënten had één een normale lokalisatie-grafiek, terwijl bij de tweede groep 3 patiënten waren met een normaal richtingsdiagram.

Bij de resterende 5 patiënten met gestoorde beengleiding hadden twee een gelijk gehoor links en rechts, hiervan had één een normale lokalisatie-grafiek. De 3 resterende patiënten met verschillend gehoor links en rechts hadden allen een afwijkende lokalisatie-curve. Van de gehele serie hadden maar 3 patiënten in het dagelijks leven last met het richtinghoren; deze

Patiënten	Gehoort links op 1000 Hz	Gehoort rechts op 1000 Hz	Beengleiding	Beschrijving van de curve	Beoord. n.d. statistische norm	Opmerkingen :
1	40 dB	65 dB	20 dB	Abnormaal links en rechts	Afwijkend	Otitis media chronica duplex Last met lokalisatie van geluiden.
2	25 dB	Normaal	Normaal	Te veel S-vorm links en rechts	Afwijkend	Otitis media chronica links. Rechts otitis media adhesiva.
3	20 dB	45 dB	Normaal	Normaal	Normaal	Otitis media chronica duplex
4	20 dB	65 dB	10 dB	Te veel S-vormig links en rechts	Afwijkend	Otitis media chronica duplex. Patient kan links wel, rechts geen geluiden lokaliseren.
5	25 dB	45 dB	Normaal	Ongeveer normaal	Normaal	Otitis media chronica duplex.
6	Normaal	20 dB	Normaal	Rechts iets afwijkend	Afwijkend	Rechts een middenoorbloeding ten gevolge van een schedeltrauma.
7	65 dB	10 dB	Normaal	Rechts extreem S-vormig	Afwijkend	Otitis media chronica links.
8	35 dB	45 dB	5 dB	Rechts te veel S-vormig	Afwijkend	Otitis media chronica duplex.
9	55 dB	55 dB	10 dB	Ongeveer normaal	Normaal	Otitis media chronica duplex (rechts otitis media adhesiva).
10	45 dB	50 dB	20 dB	Abnormaal links en rechts	Afwijkend	Otitis media chronica duplex
11	45 dB	30 dB	Normaal	Links in de periferie abnormaal	Afwijkend	Otitis media chronica adhesiva duplex.
12	10 dB	10 dB	Normaal	Ongeveer normaal	Afwijkend	Otitis media chronica duplex.
13	20 dB	20 dB	Normaal	Ongeveer normaal	Normaal	Otitis media chronica duplex.
14	25 dB	Normaal	Normaal	Rechts niet geheel normaal	Normaal	Otitis media chronica links.

Schema V § 1. Tabel betreffende patiënten met otitis media chronica.

hadden alle drie een duidelijk afwijkende curve.

Uit het bovenstaande volgt, dat men bij chronische otitis aan één of beide oren niet een bepaalde stoornis in het richting-horen krijgt. Ook blijkt er uit, dat aan de hand van het audiogram alléén niet uitgemaakt kan worden of een patiënt wel of niet goed zal kunnen richtinghoren.

Sommige patiënten met een afwijkende kromme zeggen geen last te hebben met de geluidslokalisatie. Er bestaat natuurlijk de mogelijkheid dat door bijzondere omstandigheden nooit de aandacht op dit gebrek is gevestigd. In ieder geval blijkt, dat verschil in gehoorscherptheit tussen beide oren niet steeds stoornissen in het lokaliseringsvermogen geeft. Daarentegen kan het richtinghoren bij gelijk gehoorverlies aan beide zijden toch gestoord zijn. Fig. V, 1 en V, 2 zijn voorbeelden van lokaliseringsgrafieken verkregen bij geleidingshardhorenden.

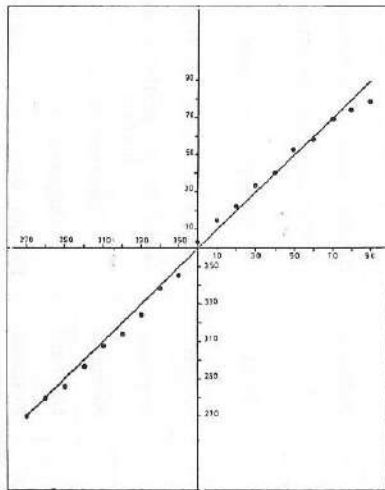


Fig. V. 1. Curve van een patiënt met otitis media chronica duplex (zie schema patiënt no. 3) verkregen bij een toon van 1000 Hz.

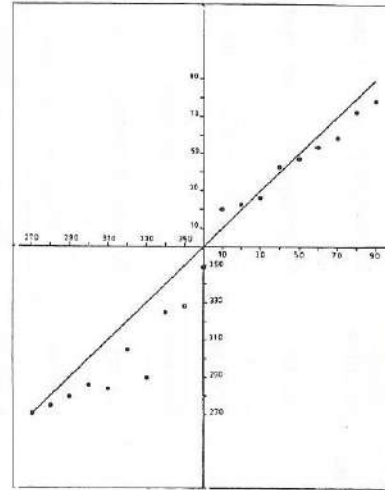


Fig. V. 2. Curve van een patiënt met otitis media chronica duplex (zie schema patiënt no. 4) verkregen bij een toon van 1000 Hz.

§ 2. Gehoorgangsatresie.

2 Patiënten met afgesloten gehoorgangen werden onderzocht. Beiden hadden een congenitale gehoorgangsatresie. Bij operatie bleken beiden een vrijwel normaal middenoor te hebben.

Hun cochleafunctie was echter gestoord. (Zie korte beschrijving van beide patiënten in het aanhangsel blz. 103).

Hier was de geluidsbron weer zo sterk afgesteld, dat de patiënt met beide oren de toon goed kon horen.

Het resultaat is vermeld in het schema op blz. 57.

De patiënt met het beste audiogram, vooral in het gebied van de frequentie, waarmede het onderzoek werd verricht, vertoonde een afwijkende curve, terwijl zich bij de andere patiënt, met een iets slechter audiogram, links een normale kromme vertoonde. Daar door de gehoorgangsatresie de werking van de oorschelpen wegviel, was te verwachten, dat de grafiek iets abnormaal zou uitvallen, echter niet in die mate zoals bij patiënt II het geval was.

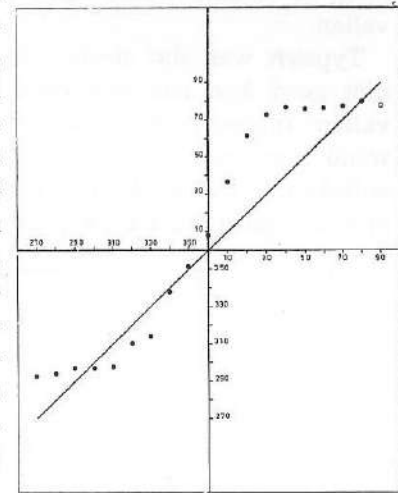


Fig. V. 3. Curve van een patiënt met een gehoorgangsatresie links en rechts (zie schema patiënt no. 2) verkregen bij een toon van 1000 Hz.

Volgens de statistische methode van beoordeling waren beide verkregen lokaliseringsgrafieken afwijkend ten opzichte van de norm.

§ 3. Perceptiehardhorendheid en gemengde hardhorendheid.

Bij de 12 onderzochte patiënten waren er 3 met een gemengde hardhorendheid; zij hadden buiten een otitis media chronica ook nog een lawaai trauma aan beide oren. Om deze reden zijn zij bij de serie perceptiehardhorenden gevoegd. Evenals bij de vorige patiënten werd bij het onderzoek de toon zó luid gemaakt, dat zij deze gemakkelijk met beide oren konden horen. (Een korte beschrijving van de patiënten bevindt zich in het aanhangsel. Blz. 103).

De gevonden resultaten zijn vermeld op blz. 58.

Van deze 12 patiënten hadden 6 bij een frequentie van 1000 Hz een ongeveer gelijk gehoorverlies links en rechts; 2

van hen hadden een normale lokalisatie-curve. De resterende 6 patiënten hadden een gehoorverschil van minstens 10 dB tussen linker en rechter oor; onder hen was er slechts één met een normale lokalisatie-grafiek. Uit het audiogram was beslist niet af te leiden, evenmin als uit het verlies van de beengeleiding, of en aan welke zijde de curve goed zou kunnen uitvallen.

Typisch was, dat slechts één patiënt gemerkt had, dat hij niet goed kon richtinghoren. De anderen was dit niet opgevallen (mogelijkerwijs komt dit, doordat deze patiënten gewend zijn goed op hun omgeving te letten of doordat zij onwillekeurig het hoofd zó draaien, dat de stand overeenkomt met de sekte waarin zij het beste richtinghoren).

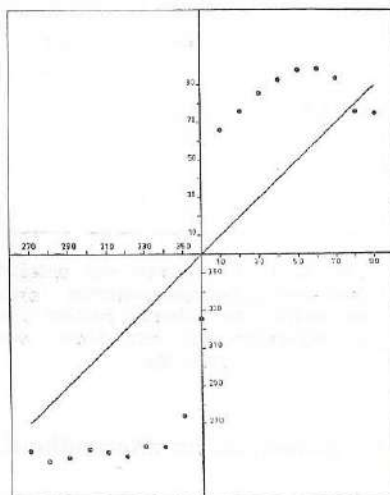


Fig. V. 4. Curve van een patiënt met een perceptie-hardhorendheid (zie schema patiënt no. 5) verkregen bij een toon van 1000 Hz.

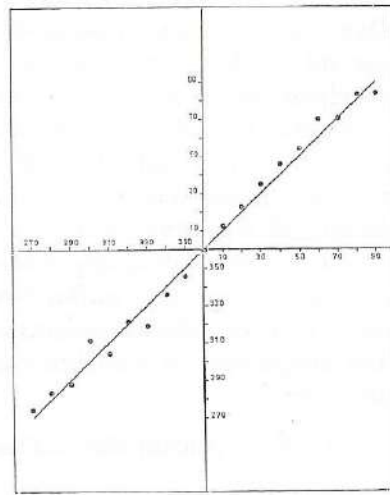


Fig. V. 5. Curve van een patiënt met perceptiehardhorendheid (zie schema patiënt no. 10) verkregen met een toon van 1000 Hz.

§ 4. Otosclerose.

Er werden 5 otosclerose patiënten onderzocht.

Bij 3 van deze 5 patiënten was de beengeleiding bij 1000 Hz min of meer gestoord. (Voor een korte beschrijving van deze patiënten: zie aanhangsel blz. 105).

De resultaten zijn samengevat in schema V § 4 op pag. 57.

Patiënten	Gehoort links op 1000 Hz	Gehoort rechts op 1000 Hz	Beengeleiding op 1000 Hz	Beschrijving van de curve	Beoord. n. d. statistische norm	Opmerkingen:
1	55 dB	70 dB	20 dB	Rechts te veel S-vorm	Afwijkend	Congenitale gehoorgangsatresie links en rechts.
2	45 dB	40 dB	10 dB	Te veel S-vorm	Afwijkend	Congenitale gehoorgangsatresie links en rechts.

Schema V § 2. Tabel betreffende patiënten met een gehoorgangsatresie.

Patiënten	Gehoort links op 1000 Hz	Gehoort rechts op 1000 Hz	Beengeleiding op 1000 Hz	Beschrijving van de curve	Beoord. n. d. statistische norm	Opmerkingen:
1	50 dB	35 dB	Normaal	Abnormaal	Afwijkend	Otosclerosis duplex
2	40 dB	45 dB	Normaal	Links te veel S-vormig.	Afwijkend	Otosclerosis duplex
3	45 dB	40 dB	10 dB	Abnormaal S-vormig.	Afwijkend	Otosclerosis duplex
4	40 dB	60 dB	10 dB	Abnormaal S-vormig.	Afwijkend	Otosclerosis duplex
5	40 dB	40 dB	20 dB	Rechts te veel S-vormig.	Afwijkend	Otosclerosis duplex

Schema V § 4. Tabel betreffende patiënten met otosclerose.

Uit deze serie patiënten blijkt, dat het er bij deze afwijking niet toe doet, of de beengeleiding normaal is of niet, of dat er al of niet een gehoorverschil tussen beide oren bestaat; de curve, die verkregen werd, was steeds afwijkend.

Twee patiënten hadden klachten over slechte geluidslokalisatie in het dagelijks leven. Zij klaagden hierover spontaan.

Ook bij deze serie was aan de hand van audiogrammen van te voren niet vast te stellen hoe de grafieken omtrent het vermogen tot richtinghoren zouden kunnen uitvallen.

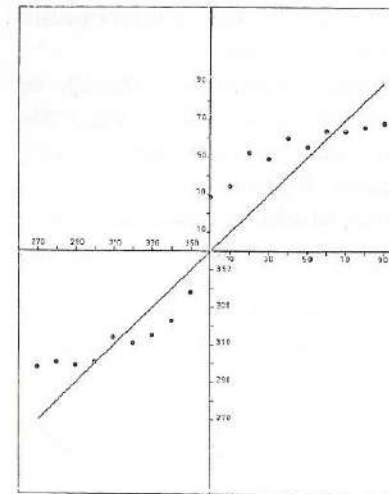


Fig. V. 6. Curve van een patiënt met otoscleroid duplex (zie schema patiënt no. 3) verkregen bij een toon van 1000 Hz.

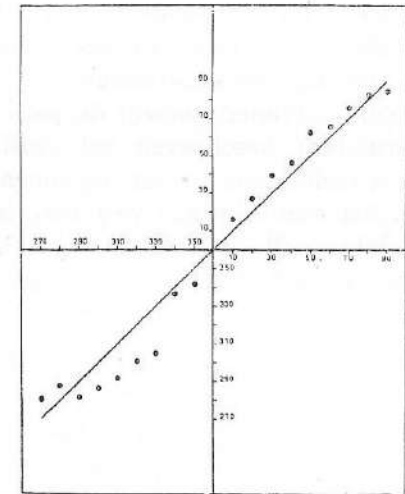


Fig. V. 7. Curve van een patiënt met otoscleroid duplex (zie schema patiënt no. 5) verkregen met een toon van 1000 Hz.

§ 5. Fenestratie bij otosclerose.

Van de 8 gefenestreerde otosclerosepatiënten die werden onderzocht, waren er 4 met een volkomen normale beengeleiding; de 4 anderen behoorden dus, zoals in de vorige paragraaf gezegd werd, bij de gemengd hardhorenden, doch werden om de zelfde reden als in § 4 in deze serie opgenomen. Het onderzoek vond ten minste 1/2 jaar postoperatief plaats, zodat te verwachten was, dat een redelijke aanpassing aan de nieuwe

Patiënten	Gehoör links op 1000 Hz	Gehoör rechts op 1000 Hz	Beengeleiding op 1000 Hz	Beschrijving van de curve	Beoord. n. d. statistische norm	Opmerkingen:
1	50 dB	45 dB	45 dB	Rechts sterk S-vormig.	Afwijkend	Geleidelijk toenemende perceptie hardhorendheid.
2	50 dB	50 dB	45 dB	Rechts overdreven S-vormig	Afwijkend	Familiaire perceptie hardhorendheid.
3	55 dB	55 dB	45 dB	Abnormaal links en rechts.	Afwijkend	Aangeboren perceptie hardhorendheid.
4	45 dB	40 dB	40 dB	Rechts extreem S-vormig.	Afwijkend	Geleidelijk toenemende perceptie hardhorendheid.
5	60 dB	30 dB	30 dB	Extreem S-vormig	Afwijkend	Gemengde hardhorendheid (lawaaï trauma gecombineerd met otitis media chronica).
6	35 dB	45 dB	10 dB	Abnormaal links en rechts.	Afwijkend	Gemengde hardhorendheid (lawaaï trauma gecombineerd met otitis media chronica duplex).
7	5 dB	45 dB	5 dB	Wel S-vormig doch in de periferie links en rechts te veel afgeplat.	Afwijkend	Lichte perceptie hardhorendheid gecombineerd met otitis media chronica links.
8	40 dB	20 dB	20 dB	Links en rechts in de periferie iets te veel afgeplat.	Normaal	Aangeboren perceptie hardhorendheid.
9	10 dB	20 dB	10 dB	Links abnormaal.	Afwijkend	Aangeboren perceptie hardhorendheid.
10	45 dB	40 dB	40 dB	Ongeveer normaal	Normaal	Aangeboren perceptie hardhorendheid.
11	40 dB	60 dB	40 dB	Te veel S-vormig	Afwijkend	Aangeboren perceptie hardhorendheid.
12	45 dB	40 dB	35 dB	Ongeveer normaal.	Normaal	Perceptie hardhorendheid.

Schema V § 3. Tabel betreffende patiënten met een perceptie-hardhorendheid.

toestand had plaatsgevonden. (Voor een korte beschrijving van de patiënten: zie aanhangsel blz. 106).

De resultaten van het onderzoek zijn vermeld op blz. 61.

Zoals in het schema te zien is, wijken alle lokalisatie-grafieken af van de norm. Ook blijkt hier weer net als in § 4, dat een normale of gestoorde beengeleiding, evenmin als een bepaald gehoorverschil tussen beide oren, van enige invloed is. Slechts twee patiënten hadden veel last met geluidslokalisatie in het dagelijks leven. De anderen was dit gebrek nooit opgevallen.

Door de fenestratie is het richtinghoren dus waarschijnlijk slechter geworden, althans zeker niet verbeterd.

Dat bij deze patiënten de geluidslokalisatie-grafieken zo slecht uitvielen, terwijl de patiënten die (zoals in de volgende paragraaf beschreven zal worden) een tympanoplastiek hebben ondergaan, in het algemeen geen bijzondere afwijkingen in het richtinghoren vertonen, is niet direkt verklaarbaar. Mogelijk speelt de afwijkende prikkeloverdracht door het labrynt via voorhof naar de cochlea een rol.

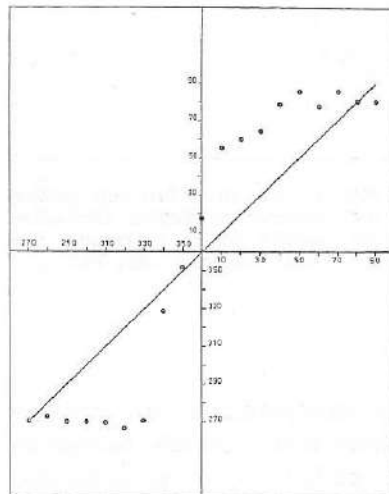


Fig. V, 8. Curve van een patiënt, die wegens otosclerosis duplex links en rechts was gefenestreerd (zie schema patiënt no. 7) verkregen met een toon van 1000 Hz.

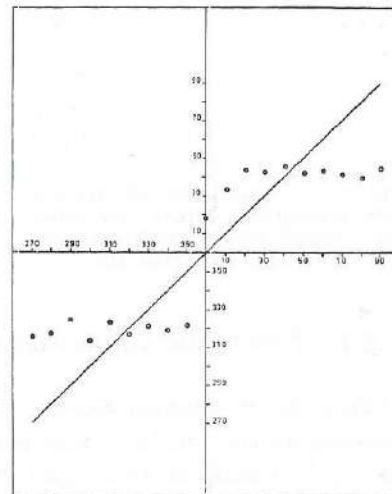


Fig. V, 9. Curve van een patiënt met otosclerose, die links was gefenestreerd (zie schema patiënt no. 3) verkregen met een toon van 1000 Hz.

Patiënten	Gehoor links op 1000 Hz	Gehoor rechts op 1000 Hz	Beengeleiding op 1000 Hz	Beschrijving van de curve	Beoord. n. d. statistische norm	Opmerkingen:
1	60 dB	40 dB	Normaal	Abnormaal links en rechts.	Afwijkend	2 maal een fenestratie rechts, eenmaal links.
2	45 dB	25 dB	Normaal	Abnormaal links en rechts.	Afwijkend	Fenestratie rechts.
3	15 dB	45 dB	Normaal	Extreme S-vorm links en rechts.	Afwijkend	Fenestratie links.
4	45 dB	50 dB	20 dB	Abnormaal links en rechts, lokaliseert vele malen achter.	Afwijkend	Fenestratie rechts.
5	35 dB	40 dB	10 dB	Abnormaal links en rechts.	Afwijkend	Fenestratie links. In dagelijks leven veel last met richtinghoren.
6	40 dB	60 dB	10 dB	Extreme S-vorm links en rechts.	Afwijkend	Fenestratie links. In dagelijks leven veel last met richtinghoren.
7	40 dB	35 dB	Normaal	Extreme S-vorm links en rechts.	Afwijkend	Fenestratie links en rechts.
8	45 dB	50 dB	30 dB	Sterke S-vorm, lokaliseert vele malen achter links en rechts.	Afwijkend	Fenestratie links en rechts.

Schema V § 5. Tabel betreffende otosclerose patiënten die een fenestratie ondergaan hebben.

§ 6. Tympanoplastiek bij otitis media chronica.

Tien patiënten, die een tympanoplastiek wegens een chronische otitis hadden ondergaan, werden op hun geluidslocalisatievermogen onderzocht.

Bij de onderzochte patiënten was tenminste nog de stapes aanwezig. Het tijdstip van onderzoek varieerde van 6 weken tot 1 jaar post-operatief. (Voor een korte beschrijving van de patiënten: zie aanhangsel blz. 107).

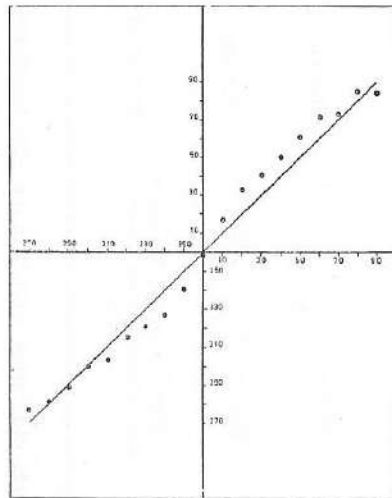


Fig. V, 10. Curve van een patiënt, die links een tympanoplastiek had ondergaan, (zie schema patiënt no. 5) verkregen met een toon van 1000 Hz.

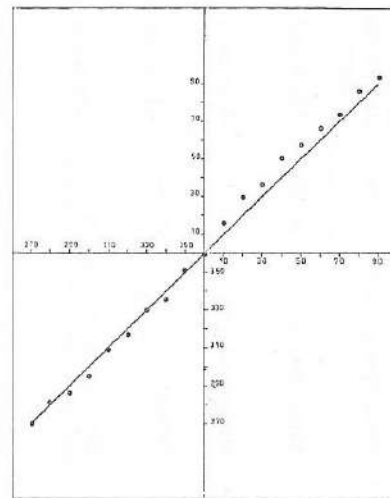


Fig. V, 11. Curve van een patiënt, die links en rechts een tympanoplastiek heeft ondergaan, (zie schema, patiënt no. 10) verkregen met een toon van 1000 Hz.

De resultaten zijn vermeld op blz. 63.

Van de 10 onderzochte patiënten hadden er 2 een ongeveer gelijk gehoor links en rechts, één hiervan had een afwijkende lokalisatiecurve. De resterende 8 patiënten hadden allen een gehoorverschil van 10 dB of meer, slechts 3 hiervan hadden een afwijkend richtingdiagram. Uit de resultaten bij deze patiënten verkregen blijkt ook nu weer, dat aan het audiogram niet te zien is hoe de geluidslocalisatiegrafiek zal uitvallen. De stelling, dat een gelijk gehoor rechts en links nodig is om goed

Patiënten	Gehoör links op 1000 Hz	Gehoör rechts op 1000 Hz	Been-geleiding op 1000 Hz	Beschrijving van de curve	Beoord. n. d. statistische norm	Opmerkingen:
1	40 dB	20 dB	Normaal	Normaal. (Curve ongeveer op de ideale)	Normaal	Otitis media chronica duplex met tympanoplastiek links.
2	25 dB	20 dB	Normaal	Rechts iets afwijkend.	Afwijkend	Otitis media chronica duplex met tympanoplastiek rechts.
3	35 dB	30 dB	Normaal	Normaal.	Normaal	Otitis media chronica links waarvoor tympanoplastiek verricht werd.
4	40 dB	Normaal	Normaal	Normaal.	Normaal	Otitis media chronica links, waarvoor tympanoplastiek werd verricht.
5	30 dB	Normaal	Normaal	Normaal.	Normaal	Otitis media chronica links, waarvoor tympanoplastiek verricht werd.
6	30 dB	15 dB	Normaal	Rechts iets afwijkend.	Afwijkend	Otitis media chronica duplex met tympanoplastiek rechts.
7	Normaal	40 dB	Normaal	Normaal.	Normaal	Otitis media chronica met tympanoplastiek rechts.
8	40 dB	15 dB	Normaal	Rechts sterke S-vormig. Aanmerkelijk verbeterd.	Afwijkend	Otitis media chronica duplex met tympanoplastiek links en rechts (4 weken post-operatie).
9	30 dB	20 dB	Normaal	Te veel S-vormig.	Afwijkend	Curve 3/4 jaar later nog eens gemaakt.
10	20 dB	5 dB	Normaal	Normaal.	Normaal	Otitis media chronica duplex met tympanoplastiek rechts. Otitis media chronica duplex met tympanoplastiek links en rechts.

Schema V § 6. Tabel betreffende patiënten die een tympanoplastiek ondergingen.

te kunnen richtinghoren, blijkt ook hier niet te kloppen. Dit zou voor keuringsreglementen van waarde kunnen zijn. Dat de resultaten bij deze serie patiënten beter waren dan bij de chronische otitides, kan ik niet goed verklaren. Gedeeltelijk zou dit zijn oorzaak kunnen vinden in het feit dat meestal jeugdige patiënten met chronische otitis bovengenoemde operatie ondergaan, terwijl in de vorige serie vele oudere patiënten voorkomen. Hoewel dit in het geheel niet zeker is, is een slechtere beëngleiding bij vele patiënten in de serie van chronische otitides wellicht ook de oorzaak van een slechter lokalisatievermogen. De tympanoplastiek operaties werden in het algemeen alleen gedaan bij patiënten met een goede beëngleiding.

§ 7. Aan één oor doven.

Van de 10 onderzochte patiënten, die aan één oor vrijwel of totaal doof waren, hadden er 4 een normaal gehoor aan één zijde. De 6 anderen hadden allen aan het horende oor lichte tot matige gehoorstoornissen. (Voor een korte beschrijving van de patiënten: zie aanhangsel blz. 109).

De na het onderzoek gevonden resultaten staan vermeld op blz. 65.

Van de 10 onderzochte patiënten was er slechts één met een volkomen normale curve (zie fig. V. 12). Een tweede patiënt vertoonde een statistisch normale lokalisatie-grafiek, hoewel deze in de periferie niet fraai was. Bij een 3e was aan beide zijden een zekere richtingsperceptie aanwezig. De resterende 7 patiënten lokaliseerden alles aan de zijde van het horende oor in een gebied omstreeks $40-60^\circ$ (zie fig. V. 13) opzij en één patiënt naar omstreeks 90° opzij (deze laatste had sinds drie maanden sterke tinnitus en sterk toenemende perceptie-hardhorendheid tot doofheid toe aan de rechter zijde). Daar bij drie van de tien onderzochte patiënten een vrij normale richtingsperceptie aanwezig was, blijft de vraag open, hoe dit mogelijk is. In deze serie waren zij de enigen, die nog één normaal horend oor bezaten.

De 4e patiënt met één goed oor had betrekkelijk kort geleden stoornissen aan het nú dove oor gekregen. De mogelijkheid bestaat, dat, wanneer hij aangepast is aan de nieuwe toestand, zijn richtingsperceptie voor geluiden weer wat beter wordt.

Patiënten	Gehoort links op 1000 Hz	Gehoort rechts op 1000 Hz	Beëngleiding	Beschrijving van de curve	Beoord. n. d. statistische norm	Opmerkingen:
1	Doof	Normaal	Rechts normaal	Curve verloopt in zijn geheel tussen 30° en 70°	Afwijkend	Schedelbasisfractuur; doofheid links.
2	10 dB	Doof	Links normaal	Curve verloopt in zijn geheel links op ongeveer 70°	Afwijkend	Labyrintdestruktie rechts. Heeft voor stemmen wel voor-achter, geen links-rechts lokalisatie
3	85 dB	45 dB	Rechts 40 dB	Curve verloopt in zijn geheel rechts op ongeveer 60°	Afwijkend	Perceptie hardhorendheid. Veel last met richtinghoren
4	Doof	45 dB	Rechts 10 dB	Curve verloopt in zijn geheel rechts op ongeveer 50°	Afwijkend	Na radikale ooroperatie links doof. Veel last met geluidslokalisatie
5	Normaal	Doof	Links normaal	Links ongeveer normaal, rechts aan de verkeerde zijde van de ideale lijn	Afwijkend	Na radikale ooroperatie rechts doof
6	Doof	Normaal	Rechts normaal	normaal	Normaal	Labyrintdestruktie links.
7	80 dB	20 dB	Rechts 10 dB	Curve loopt links op ongeveer 60° rechts in het geheel in de mediaan lijn voor gelokaliseerd	Afwijkend	Otitis med. chronica duplex, waardoor links vrijwel doof.
8	100 dB	20 dB	Rechts 10 dB	Curve loopt in zijn geheel rechts op ongeveer 60°	Afwijkend	Otitis media chronica duplex, waardoor links vrijwel doof
9	110 dB	Normaal	Rechts normaal	Curve in het middengebied normaal; vanaf 50° links en rechts wijkt hij af	Normaal	Radikale ooroperatie links.
10	Normaal	80 dB	Links normaal	Curve loopt in zijn geheel links op ongeveer 90°	Afwijkend	Toenemende perceptie hardhorendheid rechts.

Schema V § 7. Tabel betreffende patiënten die aan een oor doof zijn.

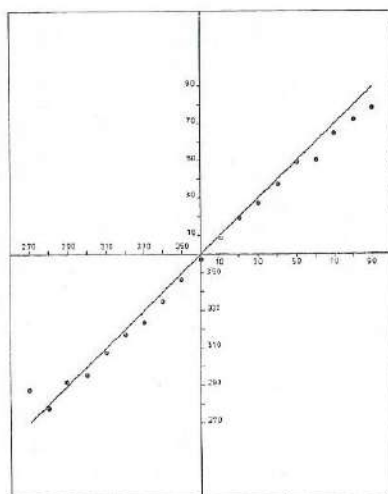


Fig. V, 12. Curve van een patiënt, die doof is aan het rechter oor (zie schema patiënt no. 2), verkregen bij een toon van 1000 Hz.

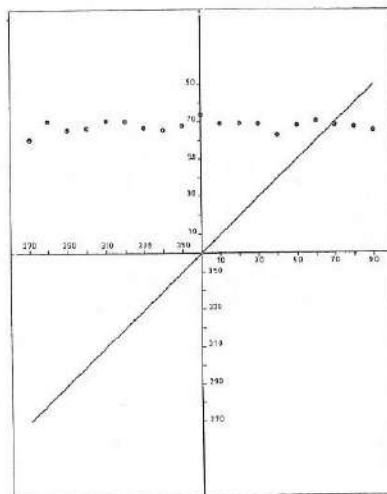


Fig. V, 13. Curve van een patiënt, die doof was aan het linker oor (zie schema patiënt no. 6), verkregen met een toon van 1000 Hz.

De jeugd van één patiënt (18 jaar) verklaart misschien gedeeltelijk de grote aanpassing, wat betreft het richtinghoren. In de literatuur worden ook enkele gevallen aangehaald van aan één oor doven bij wie het richtinghoren normaal was. Ter verklaring hiervan werd aan de mogelijkheid gedacht, dat de oorschelp, de hoofdbewegingen of het vestibulaire orgaan hierbij van betekenis zijn.

Bij onderzoek van patiënten met een gestoord gehoor is wel duidelijk gebleken, dat er geen eenvoudig verband bestaat tussen de aard der gehoorscherpstestoornissen en de afwijking in de geluidslokalisatie. Vrij geringe hoorstoornissen kunnen met ernstige lokalisatiestoornissen gepaard gaan, doch omgekeerd kan iemand bij ernstige hoorstoornissen, zelfs bij algehele doofheid aan één zijde, een volkomen normaal lokalisatievermogen bezitten.

Het maakte de indruk dat een goede beengeleiding, (dat betekent een goede cochlea functie), van belang is voor het vermogen tot richtinghoren.

Het grote verschil tussen het richtingwaarnemingsvermogen bij patiënten, die een fenestratie, of een tympanoplastiek onder-

gingen, zou te wijten kunnen zijn aan een verschil in de weg, die de geluidsgolf moet gaan, alvorens tot prikkeling van het orgaan van Corti te leiden.

Bij de tympanoplastiek-patiënten is dit de normale weg van venster naar venster. Bij fenestratie-patiënten is het een omweg via de fenestra novovalis. Daar het richtinghoren voor een belangrijk deel op minimale tijdsverschillen berust, kan een geringe vergroting van de door de geluidsgolf te doorlopen afstand ernstige stoornissen teweeg brengen. Ook het feit, dat patiënten met niet gefenestreerde otosclerosis, bij wie de geluidsdruk ook niet via de normale weg de cochlea bereikt, zo slecht richtinghoren, zou voor dezelfde opvatting kunnen pleiten.

Ik heb getracht door middel van een aantal experimenten na te gaan welke betekenis enige reeds genoemde factoren, te weten de oorschelp, het vestibulaire orgaan en de hoofdbeweging kunnen hebben.

HOOFDSTUK VI.

INVLOED VAN HOOFDBEWEGINGEN, VESTIBULAIR ORGAAN EN OORSCHHELP OP HET RICHTINGHOREN.

§ 1. Over de invloed van de hoofdbeweging en het vestibulaire orgaan.

Om een indruk te krijgen van de invloed van de bewegingen van het hoofd op het richtingsperceptievermogen werden de proeven van *Klensch* (zie inleiding) bij 20 normale proefpersonen verricht. De proefpersonen werden op een stoel geplaatst met in ieder oor een stetoskoopslang, met aan het vrije uiteinde een trechter. Beide slangen waren even lang terwijl de beide trechters van gelijke grootte waren. (Fig. VI, 1, 1e tekening).

Achtereenvolgens werden de volgende proeven verricht:

1. De proefpersoon bewoog de rechter trechter ritmisch van zich af en naar zich toe. Hij zorgde er daarbij voor, dat de linker trechter een zelfde beweging, maar in tegenfase met de andere, uitvoerde. De gehele beweging werd in ongeveer 1 sek. uitgevoerd. (Zie fig. VI, 1, 2e tekening). De geluidsbron (een Bárány trommel) bevond zich recht vóór de proefpersoon op een afstand van ongeveer 75 cm.

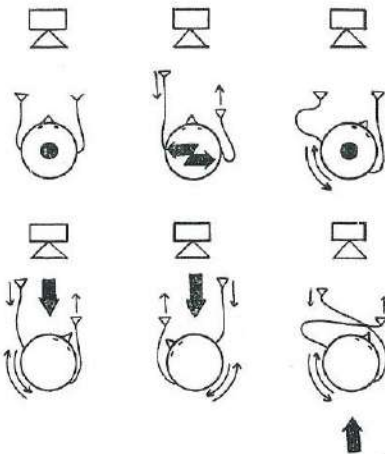


Fig. VI. 1. Schema van de opstelling in de experimenten over de invloed van de hoofddraai op het richtinghoren gebruikt (naar *Klensch*). De dikke pijlen geven de plaats aan, vanwaar de proefpersoon het geluid waarneemt. De dunne pijlen geven de hoofdbewegingen en de trechterbewegingen aan.

2. De proefpersoon schudde het hoofd heen en weer in het horizontale vlak (neen schudden), terwijl de trechters stil gehouden werden. (Zie fig. VI, 1, 3e tekening).
3. Bij deze proef werden de trechters als in 1 bewogen. Tevens echter schudde de proefpersoon het hoofd synchroon met de bewegingen van de trechters en zorgde ervoor, dat zijn neus steeds gericht werd op de dichtstbij zijnde trechter. (Zie fig. VI, 1, 4e en 5e tekening). Daarna werd de proef herhaald, doch nu met de slangen gekruist.
4. De proefpersoon bewoog de trechters als in 3, maar schudde nu het hoofd zo, dat de neus steeds naar de verst verwijderde trechter gericht was („tegengesteld”). Hierna werd de proef, terwijl de slangen gekruist waren, overgedaan. (Zie fig. VI, 1, 6e tekening). Bij deze proeven waren de proefpersonen van te voren niet ingelicht over de gehoorsensaties, die zij volgens de theorie en de ervaring zouden moeten verwachten.

In de volgende regels zullen wij de uitkomsten van de experimenten beschrijven:

ad. 1. Uit de literatuur-gegevens bleek, dat bij beweging van de trechters alléén, het geluid zich in het hoofd op de verbindinglijn van de oren heen en weer beweegt. Van de 20 proefpersonen hadden 15 deze sensatie, 1 hoorde het geluid *achter* het hoofd en 1 *voor* het hoofd heen en weer bewegen. De resterende 3 gaven eveneens een heen en weer bewegen van het geluid aan, maar lokaliseerden de bron in het voorhoofd.

ad. 2. Indien de proefpersonen „neen” schudden met stilgehouden trechters, gaven *Klensch* en *de Boer* aan, dat de geluidsbron *boven* of *onder* het hoofd zou worden gelokaliseerd. Door onze proefpersonen echter werd het geluid als volgt gelokaliseerd: 12 gaven het *achter* in het hoofd aan, 1 *voor* het hoofd stilstaand, 3 *boven* het hoofd stilstaand, 2 *voor* het hoofd heen en weer bewegend, 1 *midden* in het hoofd afwisselend links en rechts versterkt, terwijl de laatste proefpersoon in het geheel geen lokalisatie had.

ad. 3. Zoals *Klensch* beschreef wordt bij synchroon bewegen van hoofd en trechters het geluid vóór de proefpersoon gelokaliseerd, als de geluidsbron vóór hem stond opgesteld. Indien de slangen gekruist waren werd het geluid echter *áchter* gelokaliseerd.

ad. 4. Wanneer vergeleken bij 3 het hoofd een tegengestelde beweging t.o.v. de trechters uitvoert, treedt een achterlokalisatie op terwijl bij dezelfde proef maar nu met gekruiste stetoskoopslangen, de geluidsbron op de juiste plaats, n.l. vóór de proefpersoon wordt gelokaliseerd.

Van onze proefpersonen voldeden er 17 aan de onder ad 3 en 4 gestelde verwachtingen, 1 kon in het geheel geen lokalisatie aangeven en een ander lokaliseerde alles achter. De laatste hoorde het geluid bij ongekruiste slangen vóór en bij gekruiste slangen achter, terwijl bovendien het geluid steeds heen en weer ging.

Kon men bij de proeven 1 en 2 nauwelijks van richtinghoren spreken, bij de proeven 3 en 4 waren de beschrijvingen van de proefpersonen vrijwel unaniem geheel anders. Het geluid werd niet meer in het hoofd gelokaliseerd, maar daar buiten. Men kan het beste de ervaring, die men bij het uitvoeren van de proef ondergaat omschrijven met een ruimtelijke plaatsbepaling, terwijl de proeven 1 en 2 het beste vergeleken kunnen worden met de lokalisatie van geluidsbronnen die uit de ruimte op een plat vlak in het hoofd geprojecteerd zijn.

In het grote schema bij blz. 72 zijn de resultaten van deze proeven schematisch weergegeven.

Om de invloed van het evenwichtsorgaan bij de proeven van *Klensch* na te gaan, hebben wij deze herhaald bij 4 patiënten, die wegens meningitis tuberculosa langdurig waren behandeld met streptomycine. Zij hadden daardoor een volledige uitval van het vestibulaire orgaan gekregen.

De patiënten vertoonden bij draaien en bij uitspuiten van de oren met koud en warm water geen nystagmus, terwijl het gehoor, audiometrisch bepaald, normaal was. Allen vertoonden de normale sensaties bij het bewegen van *alleen* de trechters. Bij *alleen* hoofdschudden lokaliseerden 3 personen het geluid afwisselend voor en achter. Bij synchroon bewegen van trechters en „neen“-schudden, bij tegengesteld bewegen en met gekruiste slangen, hadden allen de normale sensaties.

De door *Klensch* uit de proeven getrokken konklusie dat hieruit volgt, dat de hoofdbewegingen van groot belang zijn bij de geluidslokalisatie, is alleen bewezen voor personen, die beide oorschelpen missen. De onfysiologische toestand, veroorzaakt

door de afsluitende slangen in de oren, aan het vrije uiteinde voorzien van trechters, komt wel ongeveer hiermede overeen.

Een onderscheid te maken tussen geluiden, welke van voren of van achteren tot ons komen, is dan niet goed meer mogelijk. Door hoofddraaibewegingen om de vertikale as zou dit echter wél weer mogelijk worden.

Dat de proeven van *Klensch* bij patiënten zonder labyrintaire functie normaal zouden uitvallen was wel te verwachten: de aangeleerde effecten, die hoofddraaiing om de vertikale as ten opzichte van een geluidsbron geven, blijven door labyrintaire uitval onbeïnvloed. Het is mogelijk, dat hals- en gehoorreflexen samen tot het beschreven resultaat leidden. Daar bij de bovenstaande proeven de halsreflexen, naar wij uit patiënten zonder labyrintaire functie konden nagaan, een zeer belangrijke rol kunnen spelen, hebben wij getracht bij normale proefpersonen deze zo goed mogelijk uit te schakelen.

Berustte de lokalisatie bij patiënten zonder labyrintfunctie op het geluidsbeeld en de halsreflexen, de nú te beschrijven proefjes hebben ten doel de wisselwerking tussen geluidsbeeld en evenwichtsorgaan te bepalen.

De proefpersoon werd op een draaistoel geplaatst met het hoofd in een hoofdsteun (ongeveer in de draai-as van de draaistoel) en de stetoskoop met de twee slangen met trechters in de oren. De trechters werden ook ongeveer in de draai-as van de draaistoel bevestigd met de opening naar voren, op ongeveer 30 cm schuin voor de oren. (Zie fig. VI, 2). De geluidsbron was op ongeveer 75 cm van de proefpersoon opgehangen aan een statief, dat voor de draaistoel stond. Gedurende de proef sloot de proefpersoon de ogen. De draaistoel, die voorzien was van een graadboog, werd nu soepel en zonder schokken heen en weer bewogen met een steeds groter wordende amplitude.

Indien de proefpersoon, met het hoofd tegen de steun en gefixeerde trechters, wordt heen en weer gedraaid, zou men een zelfde effect kunnen verwachten als bij de proeven van *Klensch* (ad. 3.), immers nu verplaatsen hoofd en trechters zich ook heen en weer ten opzichte van de geluidsbron. Bij deze proef was het de bedoeling de drempel van de amplitudo van de draaistoel te bepalen, waarbij nog nèt een vóór- of achterlokalisatie kon worden verkregen (al naar gelang de slangen

recht of gekruist waren opgehangen) van een vóór de proefpersoon opgestelde Bárány trommel.

Bij deze proef gelukte het bij 13 personen de drempelwaarde, waarbij de geluidsbron goed gelokaliseerd werd, te meten. De resterende 7 hoorden óf het geluid steeds vóór óf achter zich



Fig. VI, 2. Proefopstelling zoals die gebruikt werd om bij de proeven van Klensch de halsreflexen uit te schakelen.

en werden door verandering van de opstelling niet beïnvloed. (Zie schema hiernaast). De drempel, waarbij het effect verkregen werd, varieerde van 3 tot 20°. Bij de meesten lag de drempel voor het waarnemen van een richtingsverandering bij 4-7°.

Schema Hoofdstuk VI. § 1.

Proef- persoon	All. de trech- ters bewegen	Het hoofd alleen bew.	Trechters en hoofd bewegen				Bepaling van de drempelwaarde		Draaiproef			
			Synchroon	m. gekruiste slangen	Tegengesteld	m. gekruiste slangen	Stetoskoopsl. normaal	Stetoskoopsl. gekrust	Draaiproef rechtsom		Draaiproef linksom	
									Deviatie	Terug op 0-p.	Deviatie	Op 0-p. terug
1	↔	A	V	A	A	V	V bij 4°	A bij 3°	10° →	25"	30° ←	20"
2	↔	A	V	A	A	V	V bij 4°	A bij 3°	15° →	20"	15° ←	25"
3	↔	B	V	A	A	V	V bij 3°	A bij 3°	10° →	15"	12° ←	20"
4	↔	A	V ↔	A ↔	A	V	?	?	?	?	7° ←	30"
5	↔	?	?	?	A	V	?	?	20° →	30"	20° ←	40"
6	↔	A	?	?	A	V	?	?	5° →	15"	7° ←	15"
7	↔	Afw. l. en r. versterkt	V	A	A	V	Met toon van 1000 Hz. V bij 20°	Met toon van 1000 Hz. V bij 20°	15° →	30"	10° ←	15"
8	↔	A	V	A	A	V	V bij 3°	A bij 2°	7° →	30"	8° ←	35"
9	↔ A	A	V	A	A	V	V bij 12°	V bij 12°	12° →	25"	14° ←	20"
10	↔	A	V	A	A	V	?	?	15° ←	15"	10° ←	Komt niet op nulpunt terug
11	V ↔	V ↔	V	A	A	V	?	?	15° →	30"	5° ←	25"
12	↔	A	V	A	A	V	V bij 10°	↔ A bij 12°	20° →	35"	20° ←	30"
13	V ↔	AB	V	A	A	V	V bij 6°	A bij 6°	15° →	35"	10° →	30"
14	V ↔	A	V	A	A	V	?	?	0°	—	0°	—
15	V ↔	V ↔	V	A	A	V	V bij 5°	A bij 6°	5° →	10"	5° ←	10"
16	↔	A	V	A	A	V	V bij 4°	A bij 4°	15° →	20"	15° ←	20"
17	↔	B	V	A	A	V	V bij 5°	A bij 4°	20° →	30"	20° ←	30"
18	↔	B	V	A	A	V	V bij 7°	A bij 7°	15° ←	30"	20° →	30"
19	↔	A	V	A	A	V	V bij 9°	A bij 9°	10° →	25"	10° ←	15"
20	↔	V	V	A	A	V	?	A bij 6°	10° →	10"	10° ←	10"

Schema Hoofdstuk VI. § 1. Patiënten zonder vestibulaire functie.

Patiënt	All. de trech- ters bewegen	Het hoofd alleen bew.	Trechters en hoofd bewegen				Bepaling van de drempelwaarde		Draaiproef			
			Synchroon	slangen m. gekruiste	Tegengesteld	m. gekruiste slangen	Stetoskoopsl. normaal	Stetoskoopsl. gekrust	Draaiproef rechtsom		Draaiproef linksom	
									Deviatie	Terug op 0-p.	Deviatie	Op 0-p. terug
1	↔	?	↔	A	A	V	?	?	0°	—	0°	—
2	↔	A	V	A	A	V	?	?	0°	—	0°	—
3	↔	A	V	A	A	V	?	?	0°	—	0°	—
4	↔	AB	V	A	A	V	V bij 10°	?	0°	—	0°	—

Vervolgens werd de proef herhaald bij 4 patiënten zonder labrynt-funktie. Slechts één patiënt zonder vestibulaire funktie gaf bij het heen en weer schudden van de draaistoel enige verandering van geluidslokalisatie aan bij 10° . De anderen reageerden hierop niet. Dat de pogingen, een drempelwaarde voor de bewegingshoek van hoofd en trechters bij deze patiënten te vinden, strandden, moet het gevolg zijn van de uitschakeling van de halsreflexen bij deze proef.

Hieruit volgt, dat uitschakeling van het evenwichtsorgaan en de halsreflexen de uitkomsten van de proeven van *Klensch* aanmerkelijk stoorden. Van de andere kant kunnen wij zeggen dat zowel de halsreflexen als het labrynt, elk voor zich, voldoende informatie kan geven om samen met het geluidsbeeld tot een lokalisatie te komen.

Om een indruk te krijgen van het richtinghoren, wanneer het vestibulaire orgaan aan draaiprikkels wordt blootgesteld, werden de proeven van *Clark* en *Graybiel* herhaald. Hierbij werden onze proefpersonen rondgedraaid met een hoeksnelheid van 60° per sekonde, met de ogen dicht en het hoofd in een steun, tot hun draaisensatie verdween. De draaistoel was gedurende de proef door een gordijn afgesloten. Na het verdwijnen van de draaisensatie werd abrupt gestopt en een geluid gegeven uit een *Bárány* trommel recht voor de proefpersoon. Deze moest nu met gesloten ogen op een graadboog, in de draaistoel aangebracht, de deviatie van het geluid aangeven en blijven wijzen naar de geluidsbron tot zijn draaisensatie was opgehouden.

Overeenkomstig de uitkomsten van het onderzoek dat *Clark* en *Graybiel* hierover verrichtten, was te verwachten, dat een miswijzen van de in het mediale vlak recht vóór de proefpersoon staande geluidsbron in een richting, tegengesteld aan de nasensatie zou geschieden. Bij deze proef vertoonden 4 van de 20 proefpersonen een afwijking van de normaal te verwachten reaktie. Twee proefpersonen vertoonden bij rechts omdraaien en wijzen een deviatie naar links en bij links omdraaien een naar rechts. Eén proefpersoon had na draaiing niet de sensatie, dat het geluid devieerde en wees konstant naar het nulpunt; één van hen tenslotte had bij rechts omdraaien geen deviatie en hoorde de geluidsbron achter zich, bij links omdraaien had

hij een normale reactie. Van de 20 proefpersonen hadden er 15 een deviatie respectievelijk links en rechts variërend van 10-20°.

De tijd, die de wijzende vinger nodig had om op het nulpunt terug te komen, varieerde van 15 tot 30 sek. en was gelijk aan de draai-nasensatie. Drie proefpersonen hadden een deviatie van 5 tot 8° links en rechts, terwijl de tijd om op het nulpunt terug te komen varieerde van 10 tot 13¹/₂ sek. (Zie het schema bij blz. 72).

Na het vastleggen van de resultaten bij normalen werden vervolgens 4 patiënten met labyrinthaire uitval ten gevolge van het gebruik van streptomycine, hun toegediend wegens meningitis tuberculosa, onderzocht. Hierbij bleek, dat géén van de 4 patiënten een deviatie van de geluidsrichting na draai-stoelonderzoek vertoonde, evenmin als een nasensatie. (Zie het schema bij blz. 72).

Vergelijkt men de resultaten van de proeven bij normale proefpersonen met die bij de patiënten zonder labyrinthaire functie, dan valt meteen op, dat de *miswijzing na rotatie* volkomen verdwenen is. Dat de miswijzing van de normale proefpersonen niet, althans niet geheel, op de *normale postrotatoire wijsdeviatie* ten gevolge van draaiing berust, blijkt uit de opmerking van de proefpersonen, dat zij het geluid direkt postrotatoir naar opzij verschoven hoorden, waarna het zich vervolgens langzaam naar de mediaanlijn terug verplaatste.

Een goed samenspel van onze zintuigen waarborgt het wel is waar subjektieve, voor ons zelf echter zekere gevoel, onze plaats in de ruimte om ons heen te kennen. Indien echter door een of andere omstandigheid een van deze zintuigen een foutief beeld van de werkelijkheid geeft, kan dit in sommige gevallen met de gezamenlijke indruk die de andere zintuigen geven, geïntegreerd worden, met als gevolg dat, indien niet direkt aan de omgeving steunpunten worden gevonden, die dit verdraaide werkelijkheidsbeeld logenstraffen, een vertekend beeld van de ruimte om ons heen ontstaat. Dit beeld zal echter subjektief voor onszelf wél vaststaan. Zo kan het gebeuren dat een bepaalde geluidsrichting, welke wij in ons gevoel als de juiste onderkennen niet met de werkelijkheid overeenstemt. Dit is misschien de oorzaak van het feit, dat door de post-rotatoire nasensatie van draaiing de verschuiving van een geluids-

bron, die in werkelijkheid middenvoor is opgesteld, naar opzij kan worden gelokaliseerd. Daar bijvoorbeeld bij stoppen na draaien naar rechts een nasensatie ontstaat van naar links draaien, zal daardoor het geluid als compensatie naar rechts verplaatst worden; het geluid verplaatst zich dus subjektief uit de mediaanlijn naar rechts. In de visuele richtingsbepaling na draaien is dit door *van Dishoeck* duidelijk aangetoond.

Uit het voorgaande moeten wij konkluderen, dat het vestibulaire orgaan geen noodzakelijke voorwaarde voor het richtinghoren is. De draaisensatie vervormt alleen maar het beeld, dat wij van onze omgeving hebben.

Vervolgens hebben wij nu ons experiment zo gewijzigd, dat de proefpersoon steeds een visueel contact had met zijn omgeving en de sensaties door de prikkeling van het evenwichtsorgaan dus gekorrigeerd konden worden door het kijken. De proefpersoon werd op zijn rug gelegd met het hoofd in een hoek van 30° met het horizontale vlak. Loodrecht hierop in het vlak door de ooras is een cirkelboog opgehangen met een straal van ca. 60 cm. Waar het mediale vlak van het hoofd de cirkelboog snijdt (het nulpunt) is een telefoon bevestigd. Aan weerszijden hiervan zijn op deze cirkelboog 3 identieke telefoons vastgemaakt, telkens 15° van elkaar; dus op 15°, 30° en 45° naar links en rechts. Zij zijn allen van verschillende kleur. (Fig. VI, 3). De proefpersoon geeft nu tijdens de nystagmus de kleur van de telefoon, die geluid geeft, aan (hiervoor werd wederom een toon van 1000 Hz gebruikt). Op deze wijze kan de wijsfout, die door een prikkel van het vestibulaire orgaan veroorzaakt wordt, vermeden worden.

In willekeurige volgorde werd nu in totaal uit ieder telefoontje 10 x geluid gegeven, eerst zonder, daarna tijdens de nystagmusperiode, na calorische prikkeling van het rechter vestibulaire orgaan. Als prikkel werd steeds 50 cc koud water van ongeveer 20° C gebruikt.

Gemiddeld moest voor de duur van de proef het labrynt drie maal geprikkeld worden. Dit gaf aan enige proefpersonen, vooral nr. 2 en 5, een sterk gevoel van onbehagen, zodat te verwachten was, dat de uitslag hierdoor zeker kon zijn beïnvloed.

Het resultaat ziet er als volgt uit :

Proefpersoon	Kontrôle	Tijdens nystagmus fase
1	9 fouten	11 fouten
2	7 fouten	21 fouten
3	20 fouten	19 fouten
4	12 fouten	12 fouten
5	14 fouten	24 fouten
6	10 fouten	12 fouten

Omdat de slechtere resultaten, verkregen bij de nystagmus-fase, wel veroorzaakt zouden kunnen zijn door het gevoel van onbehagen, ontstaan door de labyrintprikkeling, werden de

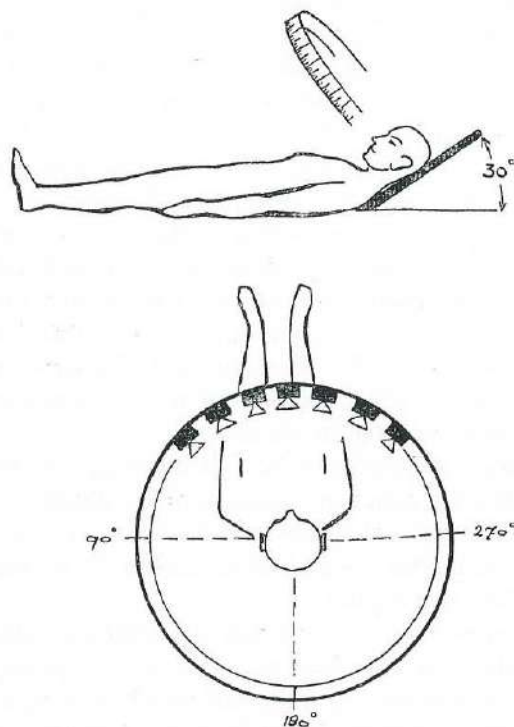


Fig. VI. 3. Schema van de proefopstelling voor het onderzoek van de invloed van calorische prikkeling van het evenwichtsorgaan op de geluidslokalisatie.

proeven nog eens herhaald, maar nu zo, dat de proefpersonen op een andere wijze een onaangename sensatie te verwerken kregen. Zij moesten nl. vlak voor de proef in 15 min 100 cc alcohol van 35 % drinken en werden gedurende de proefneming afgeleid met galvanische stroomprikkelers in de benen. Bij deze proef werden ook weer 10 waarnemingen per telefoon gedaan. De uitslag was als volgt :

Proefpersoon	Tijdens nystagmus fase	Alkohol en galvanische prikkeling.
1	11 fouten	22 fouten
2	21 fouten	7 fouten
3	19 fouten	20 fouten
5	12 fouten	14 fouten
4	24 fouten	21 fouten
6	12 fouten	5 fouten

De fouten die werden gemaakt lagen allen, zowel bij de calorische prikkeling als bij de alcoholproef, bij de telefoons die 30° en 45° uit de mediaanlijn lagen en wel zó, dat het geluid uit de telefoons, die zich op 45° uit de mediaanlijn bevonden, gelokaliseerd werd op die welke 30° uit de mediaanlijn lagen ; bijna steeds werd de fout gemaakt in de richting van de mediaanlijn. Bij deze proef werd dus een geheel ander resultaat verkregen dan bij de in normale omstandigheden gemaakte richtingcurven het geval was ; dáár werd in het algemeen te veel naar lateraal gewezen, ook in liggende houding. Er was hier dus geen sprake van een verplaatsing in een bepaalde richting of koppeling aan de nystagmus zoals *Rauch* bij zijn proeven vond. Van een deviatie van het geluid, zoals deze optrad bij de draai-proeven, was geen sprake, hetgeen wel blijkt uit het feit, dat de middelste en de twee aangrenzende telefoons altijd juist werden aangeduid. Dat geen deviatie van het geluid ontstond moet hierin worden gezocht, dat de proefpersonen de ogen tijdens de proef geopend hadden. Hierdoor waren zij in staat, wat bij de draai-proef onmogelijk was, zich optisch aan de buitenwereld te korrigeren, waardoor een juist beeld van de omgeving mogelijk werd.

Dat de middelste geluidsbronnen, ondanks de bestaande nystagmus steeds goed benoemd werden, mag de onbeïnvloedbaarheid van het richtinghoren door het labrynt nogmaals onderstrepen. De fout, bij de draaiproeven gekonstateerd, berust, zoals boven werd betoogd, zeker op een gehoorsillusie, die alleen in de psyche van de proefpersoon bestaat en kan niets met het werkelijke richtinghoren te maken hebben.

Tot slot werden 9 patiënten met een totale vestibulaire uitval tengevolge van een streptomycinebehandeling wegens meningitis tuberculosa, doch met behouden cochleafunctie (de fluisterspraak varieerde van 4-6 meter), onderzocht. Zij werden volgens de methode zoals die gebruikt werd voor normale proefpersonen (zie hoofdstuk III) getest. Bij een voorafgaand onderzoek vertoonde geen der patiënten enige reactie op calorische of draaiprikkels.

De volgende resultaten werden gevonden :

Patiënt	Fluisterspraak links	Fluisterspraak rechts	Lokalisatiegrafiek	Opmerkingen
1	4 meter	4 meter	normaal	Sinds 1 week tubaircatarrh Re
2	5 meter	4 meter	normaal	
3	5 meter	4 meter	normaal	
4	2 meter	3 meter	normaal	
5	5 meter	5 meter	normaal	
6	5 meter	2-3 meter	Re iets te veel uitgebocht	
7	4 meter	5 meter	normaal	
8	5 meter	5 meter	normaal	
9	6 meter	6 meter	normaal	

Van de 9 patiënten had slechts één een lokalisatiecurve, die een weinig van de norm afweek. Deze patiënt had kortgeleden een tubaircatarrh gekregen. Deze afwijking was echter kennelijk uit het kortgeleden ontstane gehoorverlies rechts te verklaren. Hieruit blijkt dat bij deze serie patiënten met labryntuitval ten gevolge van streptomycinebehandeling geen afwijkingen van de normale grafiek gevonden werden als het ge-

hoor normaal was. (Zie figuren : VI, 4 en 5). Deze uitkomst klopt met de vermeldingen uit de literatuur (König, Süßman, Kraus).

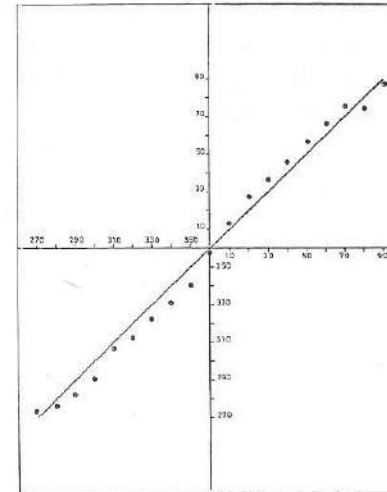


Fig. VI. 4. Curve van een patiënt met vestibulaire uitval tengevolge van een streptomycine behandeling (zie schema patiënt no. 9) verkregen met een toon van 1000 Hz.

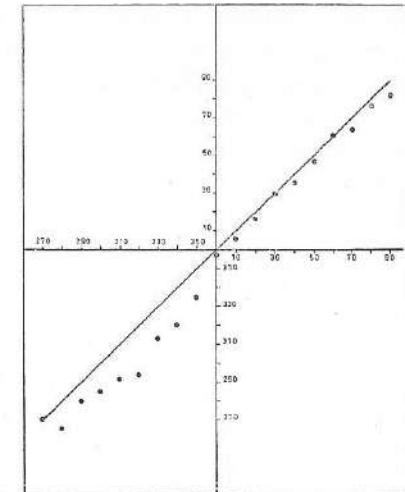


Fig. VI. 5. Curve van een patiënt met vestibulaire uitval tengevolge van een streptomycinebehandeling (zie schema patiënt no. 6), verkregen met een toon van 1000 Hz.

Naast de proeven van Klensch heb ik een variëteit ontworpen, die een scheiding tussen de invloed van de halsreflexen en het evenwichtsorgaan mogelijk maakte. Het bleek, dat beide mechanismen voldoende informatie verstrekten om richtinghoren mogelijk te maken. Teneinde enige gegevens te verkrijgen over de prioriteit bij het richtinghoren hebben wij de proeven van Klensch uitgebreid met onderzoekingen, zoals deze door Clark en Graybiel zijn gedaan. Naar aanleiding van de laatstgenoemde proeven meen ik te kunnen vaststellen, dat de sensaties, ten gevolge van prikkeling van het evenwichtsorgaan inderdaad in staat zijn het richtinghoren ongunstig te beïnvloeden. Wordt echter deze storing door optische fixatie van de omgevende ruimte doorbroken, dan blijkt het richtinghoren niet méér van het normale af te wijken dan dit het geval

is bij het toedienen van andere onaangename prikkels, die niets met het vestibulaire orgaan uitstaande hebben. Experimenten, waarbij de S-curve werd bepaald van patiënten, die aan een totale uitval van de labyrintfunctie leden, hebben aangetoond, dat zij evengoed konden richtinghoren als normale proefpersonen. Op grond van deze bepalingen kom ik tot de konklusie dat, indien hoofdbewegingen noodzakelijk zijn voor richtinghoren, de wisselwerking tussen het geluidsbeeld en de halsreflexen primair is voor het bepalen van de lokalisatie van een geluidsbron. De experimenten tonen aan, dat de wisselwerking tussen vestibulaire reacties en het geluidsbeeld sekundair is.

§ 2. Oorschelp.

De betekenis van de oorschelp schijnt zeer belangrijk te zijn, gezien de gegevens uit de literatuur. Ik besloot daarom, door middel van een kunsthoofd (zie onder) met een afneembare oorschelp objektief na te gaan welk effect de oorschelp heeft bij het uitfilteren van tonen van verschillende frekwentie bij diverse standen van het hoofd ten opzichte van een geluidsbron. In de echovrije ruimte van de Nederlandse Radio Unie werd een kunsthoofd van $19 \times 16 \times 16$ cm op een draaibaar statief opgesteld. Dit kunsthoofd was vervaardigd van gaas, versterkt met een gipslaag van ongeveer 1 cm dikte. Onderin dit hoofd bevond zich een gat, waardoor een condensatormikrofoon met zijn snoer gestoken werd. Aan deze condensatormikrofoon (Neumann) was een rubber slang geschoven van 2 cm doorsnede. Door een tweede gat in het hoofd werd deze slang naar buiten gebracht en aangesloten op een afgietsel van plastic van een normale rechter oorschelp met gehoorgang. De afstand tussen het eind van de gehoorgang en de condensatormikrofoon werd zo klein mogelijk gemaakt om de werkelijkheid zo goed mogelijk te benaderen. De overblijvende ruimte in het hoofd was volgestopt met watten ten einde resonantie van deze holte te voorkomen. Het oor sloot aan tegen 't hoofd, hetwelk aan de buitenzijde voorzien was van een dun laagje watten, om de akustische hardheid weg te nemen. Het hoofd rustte op een hol plaatje, dat vastgeschroefd was op het statief. De bevestiging met twee rubber banden was zodanig, dat het

hoofd in alle standen kon worden vastgezet. De apparatuur voor het meten van richtingsdiagrammen was geheel analoog aan die, welke men voor de bepaling van de karakteristiek van mikrofoons pleegt te gebruiken *).

Het hoofd werd nu op het statief op de draaitafel geplaatst. Het statief draaide synchroon met de schrijfinstallatie van de polair registrerende voltmeter. (Zie fig. VI, 6). Op 1.20 m af-

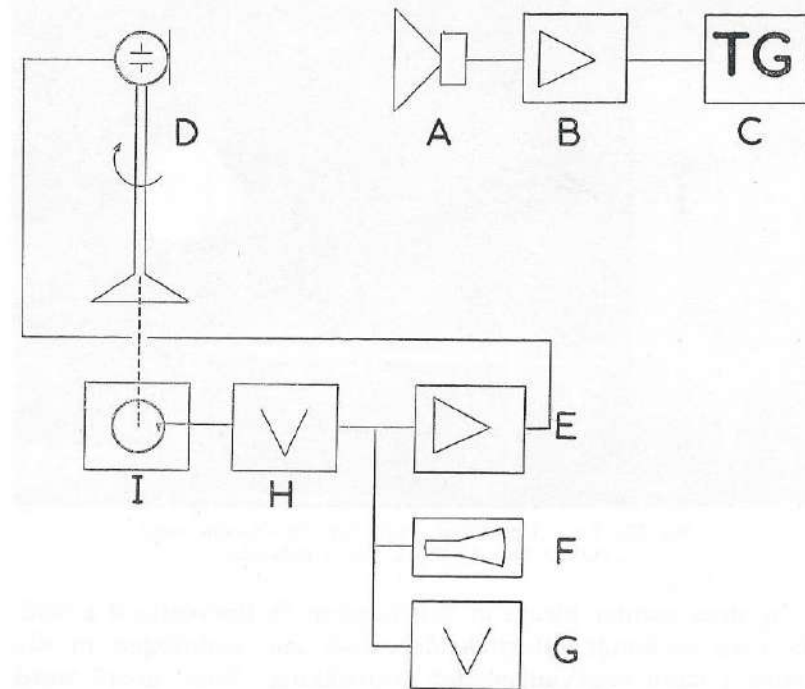


Fig. VI, 6. Schematische weergave van de opstelling van het kunsthoofd met apparatuur in de echo-vrije ruimte van de N.R.U.

- | | |
|--------------------|-------------------|
| A = luidspreker | E = versterker |
| B = versterker | F = oscillograaf |
| C = toongenerator | G = voltmeter |
| D = kunsthoofd met | H = voltmeter |
| condensator mi- | I = penschrijver. |
| krofoon (op sta- | |
| tief) | |

*) De installatie bestond uit de toongenerator 1032, de niveauschrijver 2334 met hulpstuk 2370 voor het registreren van richtingsdiagrammen en de draaitafel 2371. Al deze apparaten waren van het fabrikaat Brüel & Kjær.

stand van het hoofd werd een luidspreker opgesteld, die een toon met konstante geluidsdruk voortbracht. (Zie fig. VI, 7 a). Door het hoofd achtereenvolgens om zijn drie hoofdasen te draaien (d.w.z. rechtop en resp. met het oor en met de neus omhoog) (zie fig. 7 b), werden richtingsdiagrammen van de geluidsdruk bij de mikrofoon verkregen. (Zie fig. VI, 8).

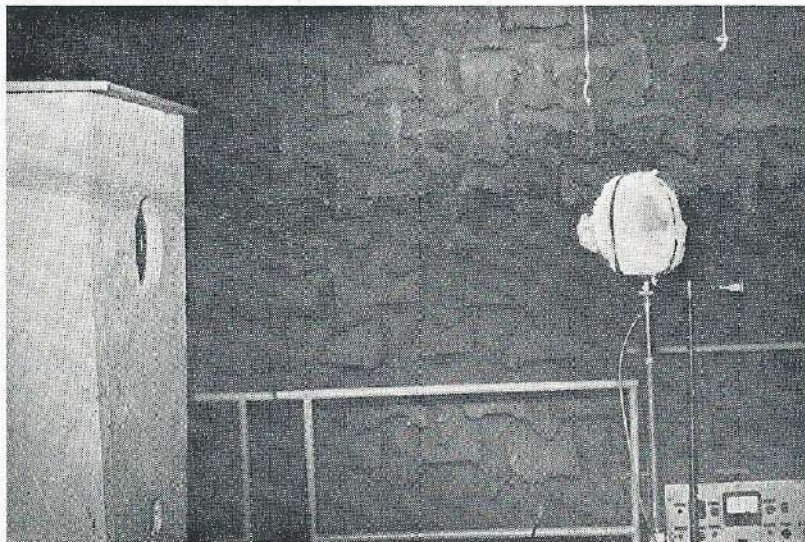


Fig. VI. 7 a. Opstelling, zoals deze in de echo-vrije ruimte van de N.R.U. werd gebruikt.

Op deze manier kwam in het diagram de hoeveelheid geluid, die door de condensatormikrofoon uit alle richtingen in die standen werd opgevangen, tot uitdrukking. Deze proef werd gedaan bij de frekwenties 500 Hz, 1000 Hz en alle veelvouden van 1000 Hz tot en met 10 kHz.

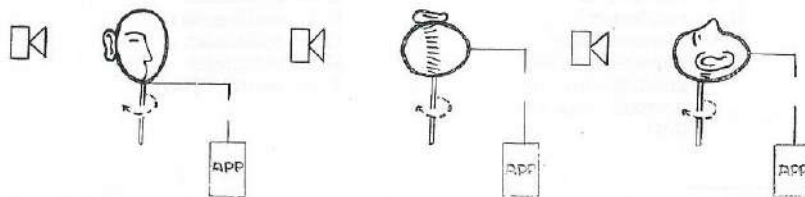


Fig. VI. 7 b. De verschillende standen van het kunsthoofd ten opzichte van de luidspreker (de nulstanden).

Met deze opstelling werden nu de richtingsdiagrammen bepaald voor de volgende gevallen :

- a. hoofd mét oorschelp,
- b. hoofd zónder oorschelp,
- c. hoofd mét oorschelp en een pijpje van 10 cm lengte en 7 mm doorsnede goed afsluitend in de gehoorgang bevestigd.

Overeenkomstig de richtingsdiagrammen verandert bij standsverandering van het hoofd ten opzichte van de geluidsbron de intensiteit aan één oor en dus ook aan het diametraal daar tegenoverliggende andere oor. De interaurale intensiteitsverschillen, die het gevolg zijn van standsverandering van het hoofd, bleken volgens de experimenten van *Schmidt* het aangewezen mechanisme voor richtinghoren bij frekwenties hoger dan 1500 Hz. De toename van de richtwerking van de oorschelp en het hoofd met de frekwentie (5 tot 10 kHz) zoals wij in de onder a. genoemde proeven hebben waargenomen, wijst op een verfijning van het mechanisme van de interaurale intensiteitsverschillen en dus van het richtinghoren door de oorschelp. Vergelijkt men vervolgens de metingen, verkregen bij het hoofd mét oorschelp (zie fig. VI, 8), met die, waarbij de oorschelp ontbreekt, dan blijkt dat bij deze laatste de richtingsdiagrammen, voor wat de hoofdmaxima (d.w.z. het maximum, gelegen op de ooras aan de kant van het kunstoor) betreft, zeker in scherpte hebben ingeboet. Dit komt het duidelijkst tot uiting bij de diagrammen van 5 tot 10 kHz.

Tevens lijkt ons het optreden van een groot aantal nevenmaxima, zoals wij die bij 5 kHz en hoger vonden, niet bevorderlijk voor een scherp bepaalde interpretatie van de richting van het aangeboden geluid. Vergelijken we nu de resultaten die verkregen werden met een pijpje in de gehoorgang (zie fig. VI, 9), met de voorgaande, dan treedt dit laatste bezwaar nog aanmerkelijk sterker op de voorgrond; het aantal nevenmaxima is sterk toegenomen en het richtingsdiagram kan nauwelijks meer vergeleken worden met het richtingsdiagram, dat ontstaat bij aanwezigheid van de normale oorschelp.

De diagrammen, welke werden opgenomen in de stand met de neus omhoog gericht, vertoonden dezelfde kenmerken (zie fig. VI, 10 en 11).

Wij menen dan ook op algemene gronden te mogen zeggen,

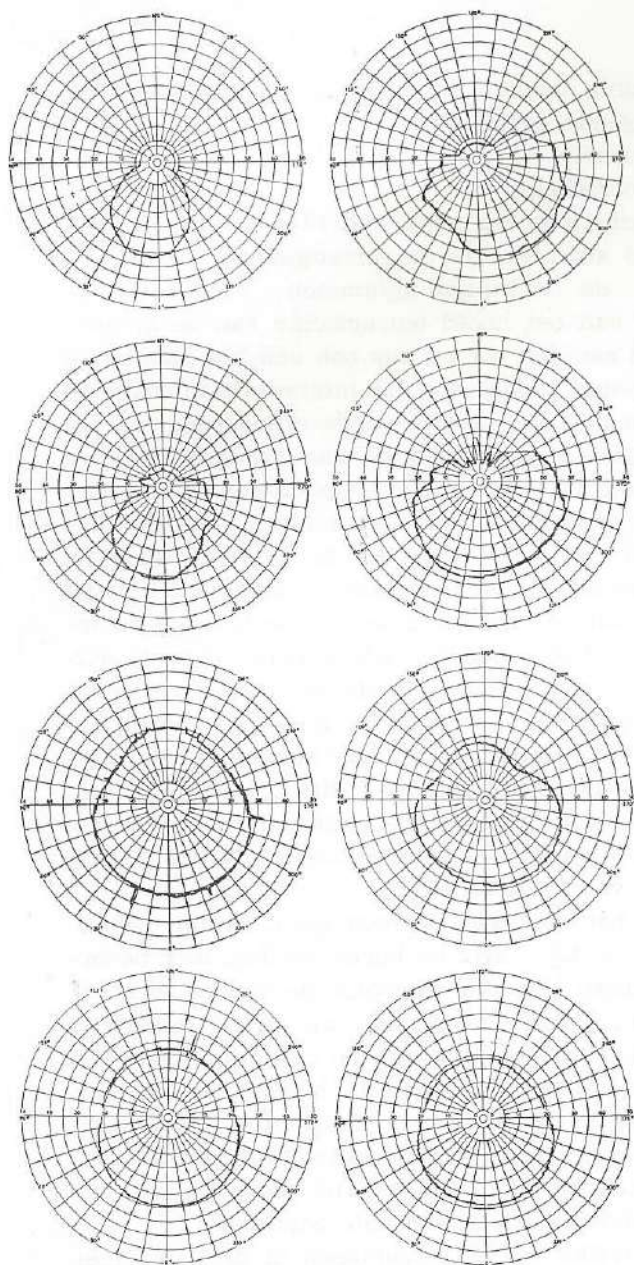


Fig. VI. 8. Polaire diagrammen verkregen bij de stand van het kunsthoofd rechtop. Links zijn de diagrammen verkregen met oorschelp bij (van boven naar beneden geteld) frekventies van 10.000, 5000, 1000 en 500 Hz, rechts die welke zonder oorschelp bij dezelfde frekventies werden gemeten.

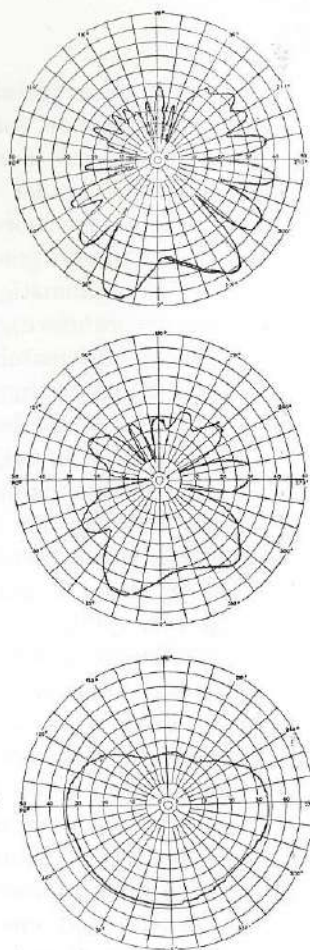


Fig. VI. 9. Polaire diagrammen verkregen bij de stand van het kunsthoofd met de neus omhoog. Links zijn de diagrammen (van boven naar beneden geteld) afgebeeld met oorschelp bij de frekventies 10, 5 en 1 kHz, rechts de diagrammen, die bij dezelfde frekventies, doch nu zonder oorschelp, werden verkregen (door een naderhand ontdekte fout van 180° in de nulstand van het hoofd in de middelste en rechter serie diagrammen, zijn deze het spiegelbeeld geworden van wat zij hadden moeten zijn).

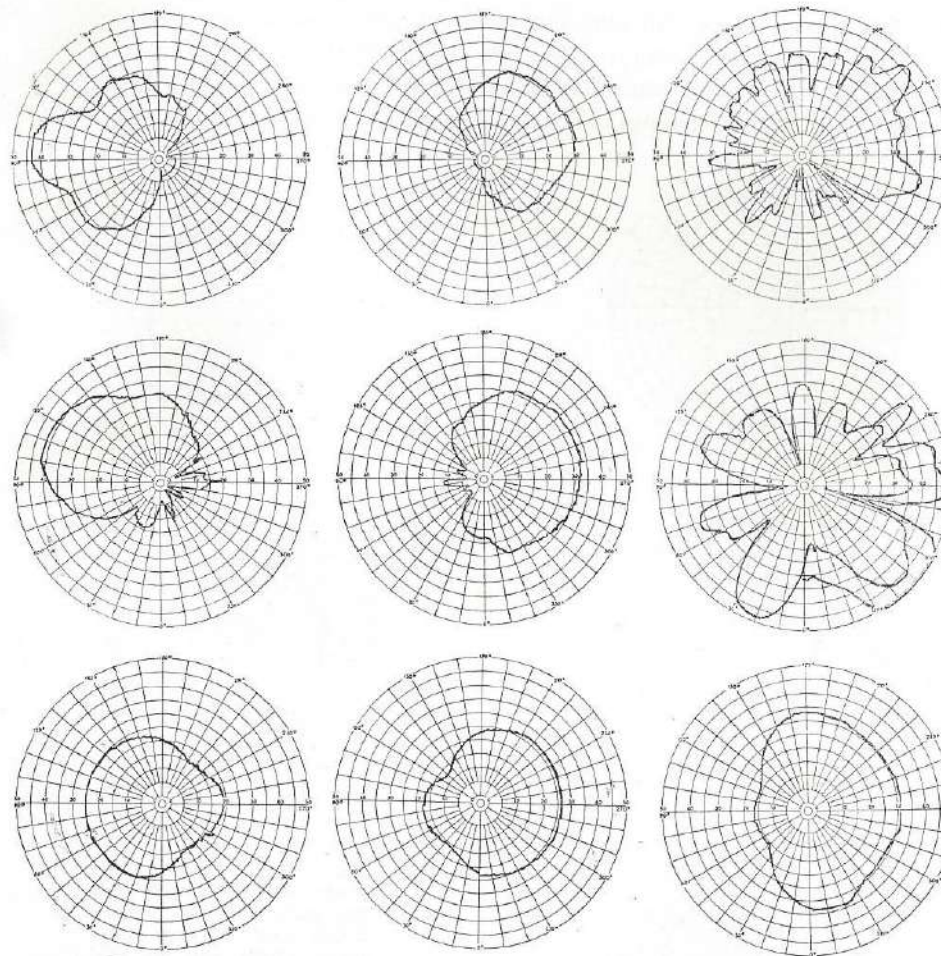


Fig. VI. 10. Polaire diagrammen verkregen bij de stand van het kunsthoofd met de neus omhoog. Links zijn de diagrammen (van boven naar beneden geteld) afgebeeld met oorschelp bij de frekventies 10, 5 en 1 kHz, rechts de diagrammen, die bij dezelfde frekventies, doch nu zonder oorschelp, werden verkregen (door een naderhand ontdekte fout van 180° in de nulstand van het hoofd in de middelste en rechter serie diagrammen, zijn deze het spiegelbeeld geworden van wat zij hadden moeten zijn).

Fig. VI. 11. Polaire diagrammen verkregen bij de stand van het kunsthoofd met de neus omhoog met een metalen pijpje in de gehoorgang. (Door een fout in de nulstand van het hoofd zijn de diagrammen het spiegelbeeld geworden van wat zij hadden moeten zijn). De gebruikte frekventies waren van boven naar onder respectievelijk 10, 5 en 1 kHz.

dat het ontstaan van een aantal nevenmaxima een beoordeling van de richting, waaronder het geluid (5 tot 10 kHz) wordt aangeboden, zeer sterk zal bemoeilijken door het gebrek aan eenheid van betekenis. Tenslotte hebben wij richtingsdiagram-

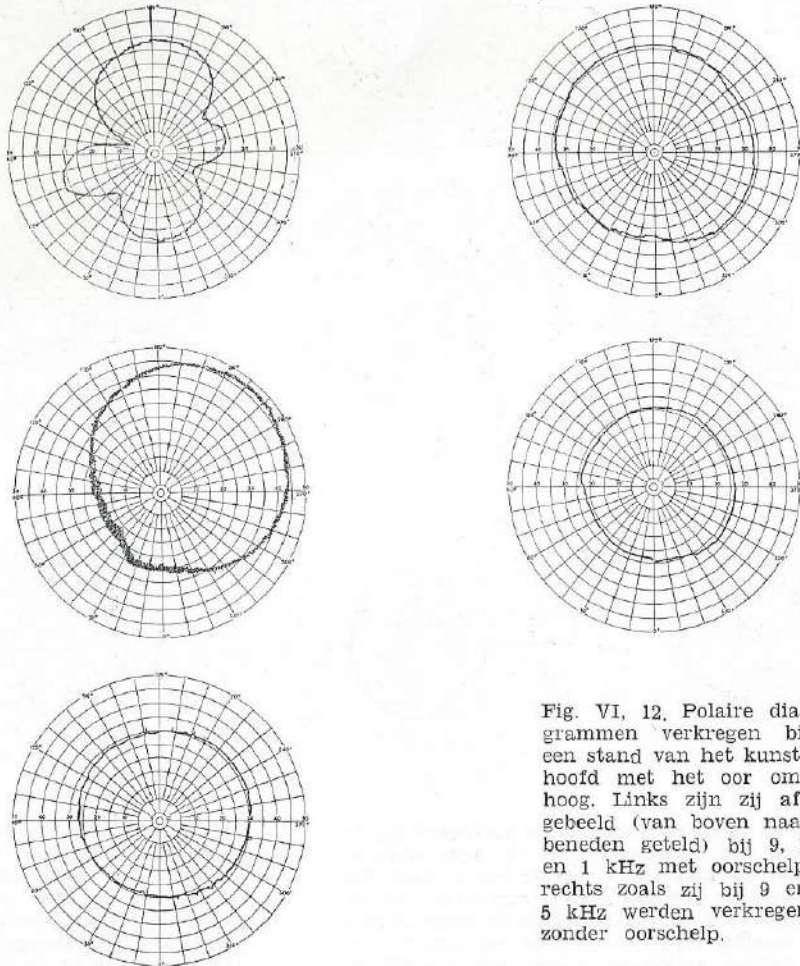


Fig. VI, 12. Polaire diagrammen verkregen bij een stand van het kunsthoofd met het oor omhoog. Links zijn zij afgebeeld (van boven naar beneden geteld) bij 9, 5 en 1 kHz met oorschelp, rechts zoals zij bij 9 en 5 kHz werden verkregen zonder oorschelp.

men opgenomen, terwijl het oor naar boven was gericht (zie fig. VI, 12). Hier krijgt men nu als effect, dat het weglaten van de oorschelp tot gevolg heeft, dat alle minima en maxima verdwijnen en het diagram een cirkel wordt met als middelpunt

de ooras. De metingen met een pijpje in de gehoorgang van het kunsthoofd zijn hier achterwege gelaten, omdat het resultaat in principe identiek is met de resultaten, welke verkregen zijn met weglating van de oorschelp.

Vervolgens heb ik bij 3 proefpersonen pijpjes in de oren gedaan en bij een frekwentie van 1000 Hz het richtinghoren in het horizontale en mediosagittale vlak nagegaan. Bij 1 van de 3 proefpersonen werden afwijkingen gevonden wanneer pijpjes in de oren waren aangebracht. Bij hem ontstond een wat meer geprononceerde S-vormige curve (zie fig. VI, 13). Bij de twee anderen maakte het weinig uit of er pijpjes in de oren waren bevestigd of niet.

Vergelijkt men nu deze curven bij onze statistisch vastgestelde norm, dan kan men nauwelijks van slechter richtinghoren in het horizontale vlak spreken, indien pijpjes in de gehoorgang zijn aangebracht. Bij metingen in het medio-sagittale vlak bleek, dat het aanwijzen van de richting van de geluidsbron in dit vlak *volkomen onmogelijk* was geworden.

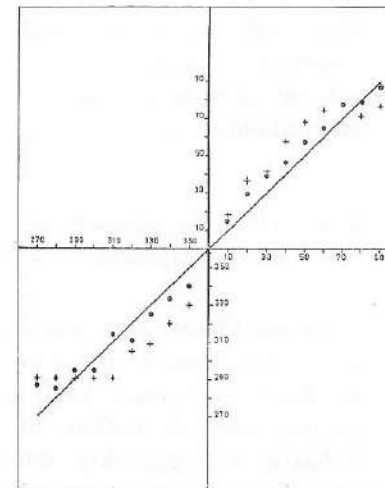


Fig. VI, 13. De kruisjes geven de curve verkregen met pijpjes in de oren aan, de punten de op normale wijze verkregen curve (zie schema proefpersoon no. 2).

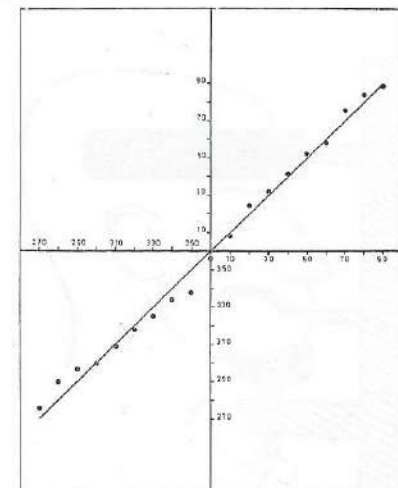


Fig. VI, 14. Curve van een patiënt, die de rechter oorschelp sinds 2 maanden miste, verkregen met een toon van 1000 Hz. Het gehoor was links en rechts normaal.

Tenslotte werd een patiënt, bij wie de oorschelp 2 maanden te voren geamputeerd was, onderzocht. Deze patiënt vertoonde een normale lokalisatiegrafiek (zie fig. VI, 14), zowel met een toon van 1000 Hz als met een Bárány trommel (deze geeft een gemengd geluid).

Een 2e patiënt, die zijn rechter oorschelp sedert 4 maanden miste, vertoonde ook vrij normale lokalisatiecurven, hoewel deze in de periferie rechts te veel horizontaal liepen (ook hier werd zowel met een toon van 1000 Hz als met een Bárány-trommel een lokalisatiegrafiek gemaakt).

Door pijpjes in de oren aan te brengen heb ik een verstoring van de normale interaurale tijds- en/of intensiteitsverschillen geïntroduceerd. Dat toch nog in het horizontale vlak een redelijke tot goede geluidslokalisatie resulteerde, pleit voor de grote aanpassing die het oor ten opzichte van kunstmatige vervormingen van het geluidsveld bezit. (Dit geldt ook voor patiënten, die een oorschelp misten). Dat ondanks deze aanpassing het richtinghoren in het medio-sagittale vlak zo sterk achteruit ging door de pijpjes in de oren, moeten wij wel wijten aan het feit dat één van de voor het richtinghoren buiten het horizon-

tale vlak blijkbaar meest essentiële hulpmiddelen, n.l. de oorschelp, was uitgeschakeld.

§ 3. Over de invloed van de hoofdfixatie.

De hoofdbeweging wordt door vele auteurs (Klensch, de Boer, e.a.) van belang geacht voor de nadere lokalisatie van geluiden, (zie inleiding); door anderen wordt deze opvatting fel bestreden (Kietz).

Daarom heb ik het effect hiervan nog eens nagegaan

door de proefpersoon met geheel gefixeerd hoofd in een stoel te plaatsen, hierna een curve te maken en deze te vergelijken met die, welke verkregen werd toen het hoofd alleen tegen een steun rustte (zoals bij de vroeger beschreven opstelling het geval was). Om voldoende fixatie te verkrijgen werd de kin van de proefpersoon op een kinsteun geplaatst, terwijl het voorhoofd tegen een metalen beugel rustte, die het hoofd ten dele omsloot. Was het hoofd hierin geplaatst, dan kreeg de proefpersoon een afdrucklepel van het bovengebit met een rubbering erin, in de mond. Deze bijtplaat was onwrikbaar op het statief bevestigd. (Zie fig. VI, 15). Had de proefpersoon zich goed vastgebeten in de rubbering, dan werden de schroeven van kin- en voorhoofdsteun goed aangedraaid, zodat het hoofd geheel klem zat. Vervolgens werd een lokalisatiegrafiek opgenomen bij 10 proefpersonen terwijl zij in deze onprettige houding zaten.

De volgende resultaten werden verkregen:

Proefpersoon	Curve verkregen in de normale opstelling	Curve verkregen met gefixeerd hoofd
1	normaal	normaal (iets minder S-vorm)
2	normaal	normaal
3	normaal	normaal (iets minder S-vorm)
4	normaal	normaal
5	normaal	normaal
6	normaal	normaal
7	normaal	iets meer S-vorm
8	normaal	links iets afwijkend
9	normaal	normaal
10	normaal	normaal

Het blijkt, dat in deze serie de resultaten met gefixeerd hoofd ongeveer dezelfde zijn als met niet-gefixeerd hoofd en dat de hoofdbewegingen in het horizontale vlak niet van overwegend belang zijn voor een juiste geluidslokalisatie bij twee-orig horen (zie fig. VI, 16).

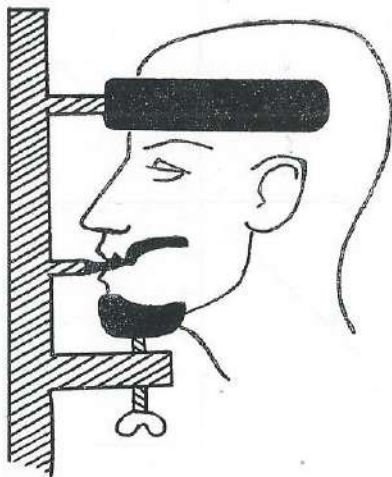


Fig. VI. 15. Schema van een proefpersoon met kinsteun, gebitsklem en voorhoofdsteun ter grondige fixatie van de hoofdstand.

Uit de proeven volgt, dat wanneer de oorschelpen geen functie hebben, toch nog een goede voor of achter lokalisatie ontstaat, indien hoofdbewegingen in de zin van „neen” schudden worden uitgevoerd.

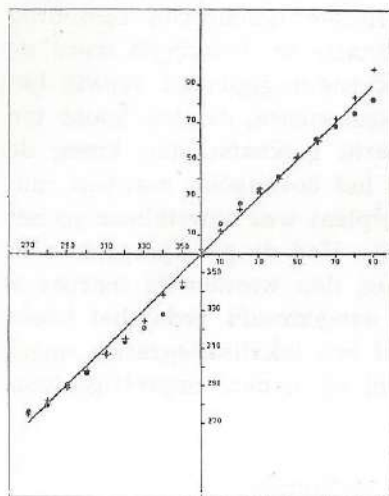


Fig. VI. 16. De kruisjes geven de curve verkregen met volledige fixatie aan, de punten de op normale wijze verkregen curve. (Proefpersoon no. 4).

Bovendien blijkt, dat indien de oorschelp(en) afwezig is (zijn), in het horizontale vlak geen grove fouten in de geluidslokalisatie ontstaan. Dit gebeurt echter wel in het medio-sagittale vlak. Tenslotte blijkt, dat met een zo goed mogelijke hoofdfixatie, waarbij de oorschelpen wel aanwezig zijn, het richtinghoren in het horizontale vlak ongestoord is. Men kan hieruit de konklusie trekken, dat bij een normale gang van zaken in het horizontale vlak, behalve bij voor- en achter-lokalisatie, geen hoofdbewegingen of oorschelpen nodig zijn voor een redelijke geluidslokalisatie.

Verder, dat echter het voor- en achter-onderscheid alleen goed mogelijk is met hoofdbewegingen in de zin van „neen” schudden. Ten derde dat voor een goede geluidslokalisatie in het medio-sagittale vlak de oorschelp zeer belangrijk, zo niet de enige mogelijkheid is voor een nadere oriëntatie. Tot slot kan nog worden opgemerkt, hoewel dit niet bewezen is, dat in de andere vlakken voor een nauwkeurige lokalisatie oorschelp en hoofdbeweging een helpende functie hebben.

Konklusie :

Het probleem van het richtinghoren is door deze proeven nog bij lange na niet opgelost. Een aantal factoren die zich bij dit merkwaardige fenomeen voordoen, zijn echter bekend geworden. Algemeen is men het er wel over eens, dat-tijds- of fase- en intensiteitsverschillen tussen beide oren de basis vormen

voor de richtingsperceptie. Uit de genomen proeven en uit de literatuur is wel komen vast te staan, dat kleine en grote hoofdbewegingen en de stand van de oorschelp van grote betekenis zijn voor een nauwkeuriger lokalisatie van een geluidsbron.

Het blijkt bovendien, dat het evenwichtsorgaan als zodanig van geen enkele betekenis is voor het richtinghoren. Het eigenaardige verschijnsel, dat bij lokalisatie in het horizontale vlak een geluidsbron met gesloten ogen in het algemeen te veel naar buiten wordt aangewezen, is statistisch vastgesteld. *Waarom* dit echter gebeurt, kon door mij niet worden achterhaald.

Het blijkt verder mogelijk te zijn uit de verkregen gegevens een grens vast te stellen, waarbinnen het richtinghoren in het horizontale vlak normaal kan worden genoemd. Dit kan van belang zijn bij het keuren voor beroepen, waarin het richtinggehoor van betekenis is. Hardhorendheid, in welke vorm dan ook, sluit, zoals uit dit onderzoek blijkt, een normale richtingsperceptie niet uit. Zelfs totale doofheid aan één zijde maakt het richtinghoren niet altijd onmogelijk en *à fortiori* is het richtingsgehoor bij een sterk verschil in gehoorsterkte tussen linker en rechter oor vaak volkomen normaal.

SAMENVATTING.

Zoals men algemeen aanneemt, wordt het richtinghoren in de eerste plaats door tijds- en fase- en intensiteitsverschillen tussen de beide oren mogelijk gemaakt. Om alle verschijnselen, die zich kunnen voordoen, volledig te verklaren, schieten bovengenoemde hulpmiddelen echter te kort. Ook blijkt, wanneer men bij het richtinghoren in het horizontale vlak door de ooras de subjektieve richting van het geluid afzet tegen de objektieve, dat de proefpersoon, als hij de ogen gesloten heeft, vrij konstant te veel naar buiten wijst. Deze curve heeft een S-vormig verloop.

Uit dit onderzoek blijkt dat noch de manier van aanwijzen, noch de stand van het hoofd in de ruimte, noch kleine hoofdbewegingen invloed hebben op het verloop van de curve. Een complex geluid blijkt in het algemeen curven op te leveren die dichter bij de ideale lijn liggen dan de metingen die zijn verkregen door gebruikmaking van een geluidsbron die een zuivere harmonische toon geeft. Herhaling van dezelfde proeven in dezelfde opstelling eveneens met een zuivere toon in een echovrije ruimte levert curven op die iets afwijken van de normale en sterker deviëren van de ideale perceptie. Door uitschakeling van de oorschelp door middel van in de gehoorgang aansluitende pijpjes met het uiteinde buiten de oorschelp, worden in het horizontale vlak weinig stoornissen gevonden. In het medio-sagittale vlak verdwijnt door deze handeling het richtinghoren volkomen.

Herhaling van bovengenoemde proeven waarbij nu echter naar een lichtbron gekeken moest worden, terwijl direkte optische controle van de wijzende arm door een horizontaal scherm onmogelijk was gemaakt, leverde geen typische afwijkingen in de zin van de grafiek bij het richtinghoren verkre-

gen. Bij wijsproeven, alleen op het optische herinneringsbeeld, werden curven verkregen die, zij het kwantitatief minder uitgesproken, in wezen veel geleken op de curven verkregen bij de gebruikte wijze van registreren van het richtinghoren.

Uit het onderzoek komt vast te staan dat volgens de symmetrietoets van Wilcoxon het verband tussen de objektieve- en de aangewezen stand van de geluidsbron niet lineair is. Bovendien blijkt, dat de kromme die ontstaat, de rechte lijn van ideale perceptie in het 0-punt, op 80° naar links en 280° naar rechts snijdt. Ook komt vast te staan, dat tussen het aanwijzen links en rechts geen coherentie bestaat. Tenslotte blijkt het mogelijk te zijn een grens vast te stellen door middel van de integraal van de absolute waarde van de oppervlakte tussen de verkregen kromme en de rechte lijn van ideale perceptie, waarbinnen het richtinghoren als normaal gedefinieerd kan worden. Het blijkt echter niet mogelijk te zijn door middel van statistische redenering het mechanisme waardoor de S-kromme ontstaat, te doorgronden.

Uit het onderzoek bij hardhorende patiënten blijkt dat geleidingshardhorenden niet a priori een slechter geluidslokalisatie behoeven te hebben. Ook niet, zoals veelal wordt aangenomen, wanneer er een groot verschil in gehoorscherppte tussen links en rechts bestaat. Ook blijkt dat operatie, zoals bv. tympanoplastiek, het richtinghoren niet steeds slecht beïnvloedt. De holte, die gehoorgang en mastoid samen vormen, behoeft geen storende faktor te zijn.

Bij lijders aan otosclerose was het vermogen tot richtinghoren zeer wisselend, doch minder goed dan bij andere geleidingshardhorenden. De otosclerose-patiënten, die een fenestra-tieoperatie hadden ondergaan en bij wie dus óók gehoorgang en mastoid één holte vormen, vertonen alle een sterke afwijking van de grafiek. Door de operatieholte kunnen deze slechte resultaten niet worden verklaard, immers de holte bij een tympanoplastiek heeft vaak dezelfde proporties als bij een gefenestreerde patiënt het geval is. Het verschil zit ook niet in het gehoor als zodanig. De enige mogelijkheid is dan dat de veranderde prikkeloverdracht, nl. van horizontaal kanaal in pars superior via vestibulum en sacculus naar het cochleaire systeem (pars inferior) het slechtere lokaliseringsvermogen ver-

oorzaakt. De tijds- en fasefaktor wordt bij otosclerosepatiënten echter beïnvloed.

Bij perceptiehardhorenden is de curve in de overgrote meerderheid van de gevallen abnormaal, bij een enkele echter redelijk. Aan het audiogram is echter niet te zien in welke gevallen de curve beter dan wel slechter zal uitvallen. Ook de beengeleiding geeft in deze geen aanwijzing. Een goede been- en luchtgeleiding geven soms wel, doch even vaak niet een redelijke curve.

In het algemeen kan echter wel gezegd worden, dat bij een perceptiehardhorendheid een slechtere curve verkregen wordt dan bij een geleidingshardhorendheid. Dit komt overeen met de gegevens uit de literatuur.

Aan één oor dove patiënten hebben bijna allen een zeer slechte lokalisatiegrafiek. Bij één patiënt viel de grafiek normaal uit (tweemaal onderzocht met een tussentijd van 6 maanden), bij twee andere was deze behoorlijk. Dit is alleen mogelijk indien of het labrynt bij het richtinghoren van betekenis is, of doordat de oorschelp en de hoofdbeweging de lokalisatie bewerkstelligen.

Uit proeven over de labryntfunctie bij geluidslokalisatie blijkt, dat het evenwichtsorgaan hiervoor geen betekenis heeft. Patiënten met een goed gehoor, doch zonder vestibulaire functie hebben een normale geluidslokalisatie. Ook verandert het lokalisatievermogen niet door vestibulaire prikkeling (kalorisch). Hoofdbewegingen en functie van de oorschelp blijven dan als oorzakelijke elementen over.

Uit een serie proeven op proefpersonen bij wie het hoofd gefixeerd was met behulp van een klem op het gebit, blijkt dat richtinghoren in het horizontale vlak bij normaalhorenden even goed mogelijk is, als wanneer deze fixatie niet plaats vindt. Dit gevonden resultaat sluit niet uit dat kleine en grote hoofdbewegingen een nauwkeuriger lokalisatie vergemakkelijken.

Dit blijkt enigszins uit de proeven welke ik, in navolging van die door *Klensch, de Boer* e.a., verricht heb. Bij bepaling van de minimum draaiing op de draaistoel, blijkt de drempel van de draaiingshoek, waarbij de lokalisatie voor of achter (al naar gelang de stand van de slangen) bij een voor de proefpersoon opgestelde geluidsbron, ongeveer tussen 4 en 7° te liggen. Dit

is meer dan bij de proeven door *König* en *Süssmann* voor onwillekeurige hoofdbewegingen werd gevonden (3 tot 5°); doch bij onze proeven werden de halsreflexen uitgeschakeld.

De oorschelp zal wellicht bij een dergelijke éénorig richtinghoren een groot aandeel in het mogelijk maken van geluidslokalisatie hebben. Uit de proeven met een kunsthoofd kwam de invloed van de oorschelp (en van het hoofd) voor het diskantgebied duidelijk aan het licht. Bij de stand van het kunsthoofd recht op was de richtingsselektiviteit voor hogere frekwenties het grootst. In andere standen, nl. zijligging en rugligging, kleiner. Het kleinst was de richtinggevoeligheid bij zijligging, waarbij de schaduwwerking van het hoofd is uitgeschakeld. Het richteffekt komt pas duidelijk te voorschijn bij 2000 Hz en hoger. Het moet dus voor de aan één oor dove theoretisch (en zoals blijkt in enkele gevallen ook praktisch) mogelijk zijn een redelijke richtingsperceptie voor samengestelde geluiden te bezitten, vooral in het horizontale vlak. Daar uit de proeven met het kunsthoofd de polaire diagrammen opgenomen bij 1000 Hz slechts weinig verschil in geluidsdruk vertoonden bij verschillende standen van het hoofd ten opzichte van de geluidsbron, is het eigenaardig, dat bij drie aan één oor dove patiënten toch een normaal tot redelijk goed richtingsdiagram werd verkregen, ook voor een zuivere toon van 1000 Hz.

SUMMARY.

It is generally accepted that directional hearing is possible because of differences in time, phase and intensity of the sound waves presented to the two ears. However, these factors do not suffice for explaining all the phenomena which occur when the problem of directional hearing is studied.

Forty normal persons were examined in the sitting position with their eyes closed. A graduated arc with a radius of 60 cm. was placed around the test subject, who could indicate the location of the sound on it. (see fig. III. 1). When a harmonic sound of 1000 c.p.s. was presented in front and in the horizontal plane, the test subject generally indicated the location too far laterally, both on the right and on the left side. The sound was presented at 18 different points on the graduated arc, and at every point it was repeated five times in an arbitrary sequence. When plotting the subjective location against the objective one on an ordinate graph system (see fig. II. 1), an S-formed curve appeared (see fig. III. 2). This curve could not be influenced by varying the position of the head, nor was a different curve obtained when the test subject indicated the sound in the left quadrant with his right hand, and vice versa. When using white noise the curve approached but did not reach the ideal straight line. The tests with a sound of 1000 c.p.s. were also repeated in an anechoic room and there an even more pronounced S-form was found.

The auricle was then eliminated by inserting tubes 10 cm long into the external auditory canal. The S-formed curve remained practically the same in the horizontal plane, but when the tests were repeated in the medio-sagittal plane, a complete loss of directional hearing was found.

The influence of memory in connection with directional hearing was tested, using the same method; but a light was

used instead of a sound. The test subject looked at the light, and was asked to indicate the location of the light one second after he had closed his eyes. Using this method an S-curve was obtained which was not unlike the one found for normal directional hearing. The same tests were repeated with open eyes. A horizontal board was fixed in such a way that the test subject could not see his arms (see fig. III. 3). This did not result in an S-curve (neither quantitatively nor qualitatively). In the auditory tests, however the S-curve also appeared when memory was eliminated. From the results of these tests no explanation for the origin of the S-curve could be made.

In order to analyse the results obtained in the horizontal plane statistically, the symmetry test by *Wilcoxon* was used. The relation between the true and indicated location of the sound source proved to be nonlinear. The curves thus obtained all crossed the ideal straight line at the origo, 80° to the left and 80° to the right (see fig. IV. 4). The integrals of the absolute surfaces between the obtained curves and the ideal straight line were then calculated. This was done in order to obtain a probable limit value for the directional hearing in the horizontal plane. Using this method of the surface integrals, the locations in the right and in the left quadrant of the graduated arc were compared. No apparent relationship could be shown. It was also impossible to determine the origin of the S-curve by statistical reasoning.

The method described above was then used for examining patients suffering from various types of hearing loss. The following patients were examined: 12 suffering from inner ear deafness, 14 with chronic otitis media, 5 with otosclerosis, 2 with bilateral congenital atresia of the external auditory canal, 10 who had undergone a tympanoplasty, 8 who had had a fenestrationoperation and 10 patients who had a total loss of hearing in one ear.

It was evident from these examinations that neither a middle ear type of deafness (except otosclerosis), nor a difference in hearing acuity of the two ears necessarily resulted in an impairment of directional hearing. The tympanoplasty group had a better directional hearing than the otitis group. This might possibly be attributed to the fact that the otitis group, in con-

trast to the tympanoplasty group often had a slight to moderate impairment of bone conduction.

The perception deafness group then provided the material for the investigation of the bone conduction factor. These patients often had an impaired directional hearing. However, no relationship between the types of audiograms and the degree of loss in directional hearing could be found. The bone conduction audiogram did not show any relationship to the loss of directional hearing. This factor, however, could not be excluded definitely.

The patients with otosclerosis, of whom three had a bone conduction loss varying from 15-25 dB, all showed impaired directional hearing.

Patients who had undergone a fenestration (of whom only two had a slight bone conduction loss), all showed an even more disturbed directional hearing. Therefore for directional hearing in otosclerosis or in patients who have had a fenestration bone conduction cannot be of importance. But these patients did have a changed sound conduction towards the cochlea. It is suggested that in these patients the change in time and phase pattern caused the loss in directional hearing.

Only two patients having a complete loss of hearing in one ear had a normal directional hearing. The other 8 showed a strong impairment (See Fig. V. 12), and only one of these could distinguish between left and right. Since two patients showed a normal curve, the conclusion was drawn that in these cases directional hearing was made possible by either the vestibular apparatus or by the influence of the auricle or by movements of the head.

These three factors were then investigated.

1. Vestibular apparatus.

Thermic and rotatory stimulations during the directional hearing tests were then given to normal persons. This did not result in a change in directional hearing, as all deviations from the normal could be explained by psychic illusions due to the vestibular response. Nine patients, who had a complete loss of vestibular function due to streptomycin but with normal hearing, showed a normal directional hearing. Therefore the ves-

tibular apparatus can be excluded as a factor of importance for directional hearing.

2. Head movements.

Normal persons were examined while their heads were fixed by biting on a fixed mouthpiece and their chins resting on a fixed chin rest (see fig. VI. 15). Their directional hearing remained normal in the horizontal plane. This did not exclude the possibility that although the directional hearing was normal, small or bigger head movements would have facilitated directional hearing. To investigate the latter possibility, persons were tested when performing head movements according to the technique of *Klensch, de Boer, Kock, Hirsch, and Koenig* (see fig. VI. 1). We arrived at the same results as the above mentioned authors, i.e. that head movements are essential for the location of a sound either anterior or posterior to the test subject. Patients without vestibular function gave the same results.

A method was devised to determine the threshold of head movements necessary to locate the sound source anteriorly or posteriorly. A normal person seated in a rotating chair, was fitted with tubes in his ears (see fig. VI. 2). The open ends of these tubes, in which aural speculae were inserted, were fixed in front of him. In this way neck reflexes were eliminated when moving the person to and fro. A minimum movement of $4-7^\circ$ was necessary for a good location. This threshold was slightly higher than that found by *König and Süßman* for involuntary head movements. When we repeated this test in patients without vestibular function it was impossible for them to distinguish between anterior and posterior sound sources.

3. Auricle.

An artificial head was furnished with an accurately reproduced plastic auricle of the right ear. A condenser microphone was placed in the meatus. In an anechoic room tones of different frequency were given at 120 cm. distance. The sound pressure obtained was registered via the microphone. The head was placed in the vertical, supine and left lateral position (see fig. VI. 7 b) and then rotated about the various axes. In the vertical position the selectivity for higher frequencies was better than in the other positions (see fig. VI. 8-12). It was least

in the left lateral position when the shielding effect of the head was eliminated. In all planes the directional effect was very much diminished when using a sound of less than 2000 c.p.s.

Conclusions.

1. It cannot be predicted beforehand whether a patient with a certain type of deafness will have diminished directional hearing.
2. Middle ear deafness, except in otosclerosis and in patients who have had a fenestration, usually does not affect the directional hearing capacity.
3. A difference between the hearing acuity of the two ears does not necessarily lead to diminished directional hearing capacity.
4. Bone conduction has not been completely eliminated as a possible factor in directional hearing.
5. It was possible to prove that the normal S-formed curve described was statistically real.
6. It was possible to obtain limits within which directional hearing in the horizontal plane could be called normal.
7. These limits can be applied when examining patients for an occupation in which directional hearing is essential, for instance boatpilots, police, watchmen, etc.
8. The vestibular apparatus is no factor in directional hearing.
9. In persons who have lost their auricles, small head movements are essential for directional hearing in order to be able to distinguish between an anterior and posterior location of a sound source.
10. The auricles are essential for locating sounds in the medio-sagittal plane.
11. Neck reflexes may be of some importance in directional hearing.

AANHANGSEL.

Korte samenvatting van de ziektegeschiedenissen van de patiënten besproken in Hoofdstuk V.

§ I. *Otitis media chronica.*

Patiënt 1, 45 jr oud, had een jarenlang bestaande otitis media duplex. Hij werd opgenomen wegens cholesteatoom in het rechter mastoid. Gehoor: de beengeleiding vertoonde een gemiddeld verlies van 20 dB, de luchtgeleiding rechts 60 dB verlies voor alle frekwenties, links varieerde het verlies van 20 tot 40 dB, met een dip bij 4000 Hz van 60 dB verlies. In het dagelijks leven had patiënt wel wat moeite met de lokalisatie van geluiden.

Patiënt 2, 37 jr, had een otitis media chronica links, terwijl het rechter oor alleen een adhesief trommelvees vertoonde.

Gehoor: de beengeleiding was ongestoord. De luchtgeleiding was rechts normaal, links bestond echter een gehoorverlies van 20 dB bij 500 Hz. Dit verlies nam in sterkte met de frekwentie toe, zodat het verlies bij 8000 Hz 60 dB was.

Patiënt 3, 16 jr, had een otitis media chronica duplex. Het rechter trommelvees vertoonde een totale perforatie, terwijl links in het trommelvees een grote perforatie voor-onder te zien was. Gehoor: beengeleiding normaal. Het verlies in luchtgeleiding was rechts ongeveer 25 dB, links circa 20 dB over alle frekwenties.

Patiënt 4, 38 jr, had op 10-jarige leeftijd een mastoïdectomie ondergaan. Het oor was daarna lange tijd goed tot een half jaar geleden, het begon toen weer te lopen. De laatste jaren was het linker oor ook wel eens vochtig. Gehoor: de beengeleiding vertoonde circa 10 dB verlies, de luchtgeleiding links circa 20 dB verlies en rechts ongeveer 60 dB. Patiënt deelde mede, dat

hij in het dagelijks leven links wel, rechts echter niet kon lokaliseren.

Patiënt 5, 48 jr, had een jarenlang bestaande otitis media chronica duplex. Het rechter trommelvlies was totaal geperforeerd, het linker vertoonde een subtotaal perforatie. Gehoor: de beengeleiding was normaal; de luchtgeleiding had links een verlies van 30 dB, rechts van 45 dB voor alle frekwenties.

Patiënt 6 was 56 jaar en had enkele weken voor het onderzoek een schedeltrauma opgelopen, met als gevolg een middenoorbloeding rechts. Gehoor: de beengeleiding was normaal, de luchtgeleiding was rechts voor 20 dB gestoord, links normaal.

Patiënt 7, 47 jr, had sinds zijn prille jeugd een otitis media chronica links. Gehoor: normale beengeleiding, de luchtgeleiding toonde rechts circa 10 dB en links ongeveer 60 dB verlies.

Patiënt 8 was 17 jaar en had sinds enige jaren een otitis media chronica duplex. Gehoor: beengeleiding normaal tot 4000 Hz, daarna bestond er een verlies in de beengeleiding van circa 15 dB. De luchtgeleiding links had een verlies van 40 dB tot en met 1000 Hz, vanaf 2000 Hz was er een verlies van 25 dB. Rechts vertoonde de luchtgeleiding tot en met 1000 Hz 40 dB verlies, op 2000 Hz 25 dB en vanaf 4000 Hz 40 dB. Patiënt maakte een domme indruk.

Patiënt 9 was 47 jaar oud. Hij had links een otitis media chronica en rechts een otitis media adhesiva. Gehoor: de beengeleiding was normaal, behalve bij de frekwentie van 2000 Hz, hier bestond een verlies van 20 dB. De luchtgeleiding was links en rechts gelijk. Er was tot en met 1000 Hz een verlies van 60 dB en vanaf 2000 Hz 40 dB verlies.

Patiënt 10, 34 jaar, leed al jaren lang aan een otitis media chronica duplex. Gehoor: de beengeleiding vertoonde tussen 1000 en 4000 Hz een verlies van 20 dB. De luchtgeleiding was links 40 dB en rechts 45 dB gestoord.

Patiënt 11 was 38 jaar. Zij had een otitis media chronica adhesiva. Gehoor: de beengeleiding vertoonde een verlies van 20 dB, de luchtgeleiding links een verlies van 40 dB en rechts van 30 dB voor alle frekwenties. Patiënte klaagde er over, dat zij in het dagelijks leven de laatste maanden toenemend last

met de geluidslokalisatie had. Tijdens het onderzoek werd vele malen voor en achter verwisseld.

Patiënt 12, 10 jaar, had een otitis media chronica duplex. Zij was op een slechthorendenschool. Gehoor: de beengeleiding was normaal. De luchtgeleiding rechts vertoonde een verlies van 30 dB geleidelijk verminderend tot 10 dB op de frekwenties van 125 tot 1000 Hz. Op 2000 Hz was het verlies 25 dB, terwijl dit op 4000 en 8000 Hz nog maar 5 dB bedroeg. Links was het verlies 10 dB van 500 tot 2000 Hz.

Patiënt 13, 8 jaar, leed aan een otitis media chronica duplex en was op een school voor slechthorenden. Gehoor: normale beengeleiding. De luchtgeleiding rechts vertoonde op de frekwenties van 250 tot 1000 Hz een verlies van 25 dB. Op 2000 Hz bedroeg dit verlies 40 dB daarboven 35 dB. Links was het verlies gemiddeld 10 dB minder.

Patiënt 14 was 43 jaar oud. Hij had een otitis media chronica sinistra. Gehoor: beengeleiding was normaal; de luchtgeleiding links was 20—25 dB gestoord. Rechts was het gehoor normaal.

§ II. Gehoorgangsatresie.

Patiënt 1, 30 jaar, leed aan een congenitale gehoorgangsatresie links en rechts. Bij operatie bleek dat het middenoor nog intact was. Gehoor: de beengeleiding toonde een verlies van 20 dB. De luchtgeleiding links toonde 60 dB verlies. Rechts bedroeg het verlies tussen 60 en 70 dB.

Patiënt 2 was 35 jaar oud en had een congenitale gehoorgangsatresie links en rechts. Bij operatie bleek het middenoor intact. Gehoor: normale beengeleiding tot 1000 Hz, hierna afzakkend tot 50 dB op 8000 Hz. De luchtgeleiding links en rechts was 40 dB bij 2000 Hz, geleidelijk afzakkend tot 90 dB 8000 Hz.

§ III. Perceptiehardhorendheid.

Patiënt 1, 45 jaar, leed aan een geleidelijk toenemende perceptiehardhorendheid. Gehoor: het verlies van been- en luchtgeleiding bedroeg tot 1000 Hz ongeveer 40 dB, daarboven geleidelijk toenemend tot 60 dB.

Patiënt 2 was 43 jaar en leed aan een familiair optredende perceptiehardhorendheid. Gehoor: de beengeleiding was boven 2000 Hz niet meer meetbaar, dwz. boven 60 dB verlies. De luchtgeleiding links was 20 dB tot de frekwentie van 500 Hz, daarboven werd het verlies steeds groter tot dit 90 dB bij de frekwentie van 8000 Hz bedroeg. Rechts was de beengeleiding 40 dB verlies op 500 Hz, ook aan deze zijde werd het verlies groter bij hoger wordende frekwentie (tot 90 dB toe).

Patiënt 3, 16 jaar, had een aangeboren perceptiehardhorendheid. Zij was op de slechthorendenschool. Gehoor: de beengeleiding was tussen 40 en 50 dB verlies, terwijl de luchtgeleiding links 50-60 dB bedroeg. Rechts was de luchtgeleiding iets beter. Patiënte heeft in het dagelijks leven veel last met richtinghoren.

Patiënt 4 was 61 jaar en leed aan een met de jaren toenemende perceptiehardhorendheid. Gehoor: het verlies in beengeleiding varieerde van 10 tot meer dan 60 dB van lage naar hoge frekwenties. De luchtgeleiding vertoonde precies hetzelfde, links was de luchtgeleiding boven de 4000 Hz echter nog 20 dB lager dan rechts. Patiënt zegt dat hij zuivere tonen niet kan lokaliseren, doch menselijke stemmen wel.

Patiënt 5, was 11 jaar en leed aan een aangeboren perceptiehardhorendheid. Zij is op de slechthorendenschool. Gehoor: de beengeleiding toonde een verlies van 30 tot 45 dB. De luchtgeleiding rechts had eenzelfde verlies, links was het verlies echter tot 60 dB toe op een frekwentie van 1000 Hz.

Patiënt 6 was 56 jaar en leed aan een otitis media chronica duplex, gepaard gaande met een lawaaihardhorendheid. De beengeleiding was normaal tot de frekwentie van 1000 Hz, daarboven werd dit verlies 40 dB. Het verlies in de luchtgeleiding links nam van lage naar hoge frekwenties toe van 30 tot 60 dB. Rechts was het verlies nog 10 dB groter.

Patiënt 7 was 53 jaar en leed aan een otitis media chronica duplex, gepaard gaande met een lawaaihardhorendheid. Gehoor: Het verlies in beengeleiding bedroeg 20-30 dB. De luchtgeleiding links vertoonde boven de 2000 Hz een verlies van 40-50 dB. Rechts bedroeg dit verlies over alle frekwenties 40-50 dB. *Patiënt 8*, 50 jaar, had links een genezen chronische otitis media, gekombineerd met een sinds enige jaren iets toenemende

perceptiehardhorendheid. Gehoor: het verlies in beengeleiding steeg van lage tot hoge frekwenties 10-50 dB. De luchtgeleiding rechts vertoonde een verlies van 10 tot 20 dB., links van 30 tot 60 dB van lage naar hoge frekwenties.

Patiënt 9 was 12 jaar en leed aan een aangeboren perceptiehardhorendheid. Zij was op een school voor slechthorenden. Gehoor: het verlies aan been- en luchtgeleiding was gelijk en bedroeg tot 1000 Hz 15-20 dB, op 2000 Hz was dit verlies 60 dB, op 4000 Hz 55 dB en op 8000 Hz 45 dB.

Patiënt 10, 11 jaar, had een aangeboren perceptiehardhorendheid. Hij was op de Slechthorendenschool. Gehoor: het verlies aan been- en luchtgeleiding was gelijk en wel van 125 tot 2000 Hz toenemend van 30 tot 50 dB. Op 4000 Hz was het verlies 50 dB, op 8000 Hz 40 dB.

Patiënt 11 was 13 jaar en leed aan een aangeboren perceptiehardhorendheid. Ook deze patiënt was op de Slechthorendenschool. Gehoor: het verlies in lucht- en beengeleiding was gelijk en bedroeg tot 500 Hz 20 dB, vanaf 1000 Hz tot op 8000 Hz steeg het verlies van 40 tot 60 dB.

Patiënt 12, 32 jaar, leed aan een aangeboren perceptiehardhorendheid, die de laatste jaren niet meer toenam. Gehoor: het verlies in been- en luchtgeleiding was gelijk en bedroeg van lage tot hoge frekwenties 20 tot 40 dB.

§ IV. Otosclerosis.

Patiënt 1 leed aan een jarenlang bestaande otosclerosis duplex. Gehoor: de beengeleiding was normaal tot 1000 Hz. Vanaf 2000 Hz bedroeg het verlies 20 dB. Het verlies aan luchtgeleiding links was tot 2000 Hz 35 dB, daarboven 60 dB. Rechts was dit 45 dB tot 2000 Hz, daarboven 60 dB.

Patiënt 2 leed sinds 2 jaar aan otosclerosis duplex. Gehoor: de beengeleiding was normaal. Het verlies aan luchtgeleiding was links 55 dB op een frekwentie van 125 Hz en verminderde geleidelijk tot 25 dB op 8000 Hz. Rechts was het gehoor gemiddeld 10 dB slechter.

Patiënt 3 leed aan een jarenlang bestaande otosclerosis duplex. Gehoor: het verlies aan beengeleiding was voor alle frekwenties 20 dB. Voor de luchtgeleiding was het verlies links

Patiënt 5 werd wegens otosclerosis duplex 9 maanden geleden links gefenestreerd. Gehoor: de beengeleiding vertoonde 40 tot 80 dB van lage naar hoge frekwenties, rechts varieerde het van 35 tot 40 dB. Patiënte had in het dagelijks leven veel last met het lokaliseren van geluiden.

Patiënt 4 leed aan een jarenlang bestaande otosclerosis duplex. Gehoor: de beengeleiding was tot 1000 Hz normaal, daarboven bestond een verlies dat met de frekwentie toenam van 20 tot 40 dB. De luchtgeleiding links vertoonde een verlies van 40 dB, rechts van 60 dB. Patiënte had in het dagelijks leven last met het richtinghoren.

Patiënt 5 leed sinds ongeveer 3 jaar aan otosclerosis duplex. Gehoor: de beengeleiding was vanaf 1000 Hz gestoord, het verlies bedroeg 15-20 dB. De luchtgeleiding links vertoonde een verlies van 40 dB tot 1000 Hz, daarboven was het verlies 25 dB. Rechts was het verlies circa 20 dB.

§ V. Fenestraties bij otosclerose.

Patiënt 1 was wegens otosclerosis duplex tweemaal rechts gefenestreerd en eenmaal links. De laatste operatie was 1 jaar geleden. Gehoor: normale beengeleiding. De luchtgeleiding vertoonde links een verlies van 20 dB, behalve op 1000 Hz waar het verlies 40 dB bedroeg. Rechts was het verlies 20 dB. groter.

Patiënt 2 was wegens otosclerosis duplex 1 jaar geleden rechts gefenestreerd. Gehoor: de beengeleiding was tot 2000 Hz normaal, vanaf 4000 Hz bestond er een verlies van 40 dB. De luchtgeleiding links vertoonde tot 1000 Hz een verlies van 40 dB, op 4000 Hz was dit 60 dB, op 8000 Hz 75 dB. Rechts was het verlies tot 2000 Hz 20 dB., terwijl het voor 4000 en 8000 Hz respectievelijk 75 en 80 dB was.

Patiënt 3 was wegens otosclerosis duplex 1½ jaar geleden links gefenestreerd. Gehoor: normale beengeleiding. De luchtgeleiding vertoonde een verlies van 15 dB links en 40 dB rechts.

Patiënt 4 had wegens otosclerosis duplex 1½ jaar geleden rechts een fenestratie-operatie ondergaan. Gehoor: het verlies in beengeleiding bedroeg boven 1000 Hz 20 dB. De luchtgelei-

ding links varieerde van 30 tot 60 dB verlies van lage naar hoge frekwenties, rechts bedroeg dit verlies 45 dB.

5 tot 10 dB verlies. Het verlies aan luchtgeleiding links was tot 2000 Hz 30 dB, daarboven met de frekwentie toenemend tot maximaal 70 dB. Rechts was het verlies tot 2000 Hz 40 dB en daarboven 25 dB. Hij had veel last met richtinghoren in het dagelijks leven.

Patiënt 6 onderging 1½ jaar geleden een fenestratie-operatie wegens otosclerosis duplex. Gehoor: de beengeleiding vertoonde gemiddeld 10-15 dB verlies. Het luchtgeleidingsverlies links bedroeg tot 1000 Hz 40 dB, op 2000 Hz 25 dB, waarna het met de frekwentie steeg tot maximaal 55 dB. Rechts bedroeg het verlies 60 dB tot 2000 Hz, waarna het tot 30 dB vermindert was op 8000 Hz. Patiënte had in het dagelijks leven veel moeite met het richtinghoren.

Patiënt 7 was 5 jaar geleden wegens otosclerosis duplex links, en 1 jaar geleden rechts gefenestreerd. Gehoor: de beengeleiding was onder de 2000 Hz normaal, daarboven was er een verlies van 40 dB. De luchtgeleiding vertoonde links tot 1000 Hz 40 dB verlies, op 2000 Hz was het verlies 30 dB, waarna het weer steeg tot 70 dB. Rechts was het gehoor in de hoge frekwenties beter.

Patiënt 8 was wegens otosclerosis duplex rechts 3 jaar geleden en links 1½ jaar geleden gefenestreerd. Gehoor: het verlies in beengeleiding was tot 1000 Hz 35 dB, zakkend tot 20 dB op 4000 Hz, waarna het weer steeg tot 40 dB op 8000 Hz. De luchtgeleiding links vertoonde een verlies van 45 dB tot 1000 Hz, daarboven werd het 30 dB. Rechts bedroeg het verlies 60 dB tot 1000 Hz waarna het tot 45 dB op 4000 Hz zakte en op 8000 Hz weer tot 65 dB steeg. Zij lokaliseerde in bijna de helft van de waarnemingen de geluidsbron achter zich.

§ VI. Tympanoplastiekoperatie bij otitis media chronica.

Patiënt 1, leeftijd 13 jr, was 6 weken tevoren geopereerd aan het linker oor wegens een otitis media chronica. Gehoor: normale beengeleiding. De luchtgeleiding links vertoonde een verlies van 40 dB tot 1000 Hz, van 2000 Hz tot 4000 Hz 20 dB en op 8000 Hz weer 40 dB. Rechts was het gehoor normaal op 1000 en 8000 Hz na, waar het gehoorsvlies 20 dB bedroeg.

Patiënt 2, 30 jaar, onderging $1\frac{1}{2}$ jaar geleden aan het linker oor een operatie wegens otitis media chronica. Gehoor: de beengeleiding was normaal. De luchtgeleiding links vertoonde een verlies van 40 tot 10 dB bij de frekwenties van 125 tot 2000 Hz, daarboven was het verlies 35 dB. Rechts was dit beneden de 1000 Hz cirka 20 dB, er boven was het gehoor normaal.

Patiënt 3, 13 jaar, had een otitis media chronica duplex, waarvoor zij aan het rechter oor werd geopereerd. Gehoor: de beengeleiding was normaal. De luchtgeleiding was ongeveer links en rechts gelijk, variërend van 35-40 dB verlies tot 1000 Hz. Op 2000 Hz was het verlies 20-25 dB, daarna stijgend tot waarden voor links 45 dB en rechts 70 dB.

Patiënt 4 was 14 jaar en onderging drie maanden vóór onderzoek een tympanoplastiek links wegens otitis media chronica. Gehoor: de beengeleiding was normaal. De luchtgeleiding links vertoonde een verlies van 40 dB op de frekwentie van 125 Hz, waarna het geleidelijk afnam tot 20 dB voor 8000 Hz. Rechts was het gehoor normaal.

Patiënt 5, 35 jaar, onderging 2 maanden vóór het onderzoek een tympanoplastiek links wegens otitis media chronica links. Gehoor: normale beengeleiding. De luchtgeleiding vertoonde links een verlies van 30 dB tot 1000 Hz, daarboven was het gehoor normaal, op 8000 Hz echter zakte het tot een verlies van 45 dB. Rechts normaal gehoor.

Patiënt 6, 32 jaar, had een otitis media chronica rechts, waarvoor hij 4 maanden tevoren geopereerd was. Gehoor: normale beengeleiding. Links toonde de luchtgeleiding ongeveer 15-20 dB verlies, behalve voor 1000 en 8000 Hz, waar het verlies respectievelijk 30 en 45 dB was. Rechts was het verlies 10-15 dB.

Patiënt 7, 38 jaar, had een conservatieve radikale operatie ondergaan met tympanoplastiek. Gehoor: normale beengeleiding. De luchtgeleiding was links normaal, rechts was er een verlies van 40 dB behalve op 2000 en 4000 Hz, waar het respectievelijk 25 en 30 dB bedroeg.

Patiënt 8, 36 jaar, onderging kort na elkaar een tympanoplastiek links en rechts, wegens otitis media chronica duplex. Een half jaar later werd hij onderzocht. Gehoor: normale beengeleiding; de luchtgeleiding links toonde tot 1000 Hz 40 dB verlies, daarboven geleidelijk zakkend tot 10 dB bij 8000 Hz.

Rechts was het verlies van 125 tot 2000 Hz van 40 naar 10 dB zakkend, daarna steeg het tot 20 dB. Bij onderzoek 9 maanden later bleek het gehoor ongeveer hetzelfde gebleven te zijn.

Patiënt 9, 48 jaar, onderging 4 maanden tevoren een tympanoplastiek rechts wegens otitis media chronica duplex. Gehoor: normale beengeleiding; de luchtgeleiding links had een verlies van 40 tot 30 dB bij frekwenties van 125 tot 2000 Hz. Hierboven steeg het tot 60 dB op 8000 Hz. Rechts was het verlies 20 dB. vanaf 1000 Hz tot 15 dB bij 8000 Hz.

Patiënt 10, 13 jaar, onderging kort na elkaar een tympanoplastiekoperatie links en rechts wegens otitis media chronica. Drie maanden later werd hij nagekeken. Gehoor: normale beengeleiding. De luchtgeleiding links vertoonde een verlies van ongeveer 20 dB, rechts was het gehoor bijna normaal.

§ VII. Aan één oor doven.

Patiënt 1, leeftijd 45 jaar, had 3 jaar geleden een schedeltrauma opgelopen, waarna hij links totaal doof was geworden. Rechts was de beengeleiding normaal op 4000 Hz na, waar 10 dB verlies bestond. De luchtgeleiding vertoonde een verlies van 15 tot 20 dB.

Patiënt 2, 48 jaar, had één jaar geleden een labirintdestructie rechts ondergaan, waarna hij aan die kant doof geworden was. Links had hij een fluisterspraak van 3 meter. Patiënt deelde mede, dat hij voor stemmen wél een voor- of achterlokalisatie had, echter niet een links-rechts lokalisatie.

Patiënt 3, 67 jaar oud, leed al jaren aan een toenemende perceptiehardhorendheid. Gehoor: de beengeleiding vertoonde een verlies van 40-45 dB. Links was patiënt vrijwel doof (minstens 80 dB verlies aan dit oor), rechts bedroeg het verlies voor de luchtgeleiding 40-45 dB. Hij deelde mede dat hij in het dagelijks leven veel last met de geluidslokalisatie had.

Patiënt 4, 62 jaar, was links doof gebleven na een radikale operatie enige jaren geleden bij hem verricht. Hij had voor het goede oor een normale beengeleiding, terwijl de luchtgeleiding ongeveer 45 dB verlies vertoonde. Bij navraag zei patiënt wel veel last met de geluidslokalisatie te hebben.

Patiënt 5, 25 jaar, was doof gebleven aan het rechter oor na

een radikale operatie enige jaren geleden. Het linker oor was normaal van gehoor.

Patiënt 6, 18 jaar, was links doof gebleven na een labyrint-gestruktie $\frac{1}{2}$ jaar geleden. Het gehoor rechts was normaal.

Patiënt 7, 34 jaar, was vrijwel doof aan het rechter oor tengevolge van een otitis medica chronica. Links was het verlies voor lucht- en beengeleiding ongeveer 20 dB. In het dagelijks leven lokaliseert patiënt alles links, ook als het geluid van rechts komt. Komt het geluid van voren, dan wordt het achter gelokaliseerd (wat bij het experiment echter niet klopte want patiënt lokaliseerde het geluid toen steeds vóór).

Patiënt 8, 58 jaar, leed aan een otitis media chronica duplex gekompliceerd door een perceptiehardhorendheid. Links is patiënt doof, rechts was het verlies bij 1000 Hz 20 dB, stijgend tot 60 dB bij 8000 Hz. Patiënt had zeer veel last bij het richtinghoren in het dagelijks leven.

Patiënt 9, 35 jaar, werd aan het linker oor geopereerd wegens otitis media chronica. Hierna was hij aan dit oor vrijwel doof. Rechts had hij een normaal gehoor.

Patiënt 10, 36 jaar, leed sinds 4 maanden aan een toenemende perceptiehardhorendheid rechts. Hij was aan dit oor vrijwel doof, het verlies varieerde van 70 tot 100 dB. Links was het gehoor normaal. Hij had in het dagelijks leven veel last met het lokaliseren van geluiden.

LITERATUUR.

- ANGELL, J. R. & FITE, W. Psych. Rev., (1901), 8, 225 en 449.
 ARPS, G. F. & KLEMM, O. Psych. Studien, (1913), 8, 226.
 AUERBACH, F. Handbuch der Physik (1909), 2, 676.
 BANISTER, H. Brit. J. Psychol., (1925), 15, 280.
 BÉKÉSY, G. v. Physikal. Ztschr., (1930), 31, 824 en 857. Pflügers Arch. (1935), 236, 59. Akust. Ztschr., (1938), 3, 21.
 BEZOLD, F. Ztschr. f. Psych., (1890), 1, 486.
 BLOCH, E. Ztschr. f. Ohrenh., (1893), 24, 25.
 BOER, K. de, Philips Techn. Tijdschr., (1940), jaarg. 5, no. 4, 112. Idem (1941), 6e jaarg. no. 12, 363; id. (1947), jaarg. 9, no. 1, 8.
 BURNETT, Ch. H. Arch. f. Ohrenh., (1875) 9, 127.
 BRUNZLOW, Hals- Nasen- und Ohrenarzt, (1939), 30, 1.
 CARSTEN, H. & SALINGER, H. Naturwissenschaften, (1922), 10, 529.
 CLARK, B. & GRAYBIEL, A. J. Psych., (1949), 4, 235.
 DIAMANT, H. Acta Otolaryng., (1946), 34, 576.
 DUYFF, J. W. & GEMERT, A. G. M. Acta Phys. et Pharm. Neerl., (1950), 4, 540.
 DUYFF, J. W. Proc. Intern. Congr. Audiol., Leiden 1953 p. 105.
 FREY, H. Monatschr. f. Ohrenh., (1912), 46, 16.
 FRÖSCHELS, E. Monatschr. f. Ohrenh., (1926), 60, 883.
 GAMBLE, C. E. A. Mac., Psych. Rev. (1909), 16, 416.
 GEIGEL, Münch. med. Wochenschr., (1907), 54, 1478.
 GEMELLI, A. Acta Psychol., (1949), 6, 27.
 GILSE, P. G. v. & ROELOFS, O. Acta Otolaryng. (1930, 14, 1.
 GÜTTICH, A. Arch. f. Ohrenh., (1936), 142, 139. Arch. f. Ohrenh., (1939), 146, 298.
 HALVERSON, H. M. Amer. Jnl. Psychol., (1922), 13, 178; id., (1927), 38, 97.
 HARTLEY, R. V. L. Physic. Rev., (1919), 13, 373.
 HARTLEY, R. V. L. & FREY, F. C. Physic. Rev., (1921), 18, 431.
 HARTMANN, F. Die Orientierung, (1902), p. 121.
 HECHT, H. Naturwissenschaften, (1922), 10, 107.
 HIRSH, I. J. Jnl. Ac. Soc. Am., (1950), 22, 196.
 HORNBORSTEL, E. M. v. & WERTHEIMER, M. Sitzungsber., Akad. Wiss., Berlin (1922) p. 388.
 HORNBORSTEL, E. M. v. Handbuch der normale und pathol. physiologie, deel XI (1926), bldz. 602 e.v.
 HÖRTER, F. H. Passow Schaefer's Beitr., (1913), 6, 302.
 HUGHES, J. W. Brit. J. Psychol., (1939), 30, 52. Proc. Roy. Soc. Med., (1940), 128, 293.

HUIZINGA, E. *Acta Otolaryng.*, (1935), 22, 359.
 JONGKEES, L. B. W. & GROEN, J. J. *Jnl. Laryng. and Otol.*, (1946), 61, 494.
 JUDD, C. H. *Psychology*, (1907), p. 144.
 KLEMM, O. *Berichte 6. Kongr. exp. Psychol.*, (1914) p. 169. *Psychol. Studien*, (1913), 6, 497.
 KREJCI, F. *Arch. Ohrenh.* (1954), 165, 344.
 KIETZ, H. *Ztscher. Laryng.*, (1952), 31, 91. *Acustica*, (1953), vol. 3, 73.
 DE KLEYN, A. *Pflügers Arch.* (1922), 107, 480.
 KLENSCH, H. *Pflügers Arch.* (1948), 250, 492 en 706. *Naturwissenschaften*, (1949), 36, 145.
 KOCH, W. E. *Jnl. Ac. Soc. Amer.*, (1950), 22, 801.
 KOENIG, W. *Jnl. Ac. Soc. Amer.*, (1950), 22, 61.
 KÖHLER, W. *Ztscher. f. Psychol.*, (1910), 54, 241.
 KÖNIG, G. & SÜSSMANN, W. *Arch. f. Ohrenh.*, (1955), 167, 303.
 KRAUS, M. *Arch. f. Ohrenh.*, (1951), 157, 301.
 KRIES, J. v. & AUERBACH, F. *Arch. f. Anat. und Physiol.*, (1877), 297.
 KRIES, J. v. *Ztscher. f. Psych. und Physiologie der Sinnesorg.*, (1890), 1, 235 en 488.
 LEISSE, O. *Arch. Ohrenh.*, (1926), 114, 118.
 MACH, E. *Pogg. Ann.*, (1865), 126, 331.
 MACH, E. *Arch. Ohrenh.*, (1875), 9, 72.
 MENZIO, P. *Proc. 1st. Intern. Congr. Audiol.*, Leiden 1953, p. 97.
 MEURMAN, O. *Acta Otolaryng.*, (1954), 44, 542.
 MEYER, J. *Monatschr. f. Ohrenh.*, (1912), 46, 1 en 449.
 MÜNNICH, K. *Beitr. z. Anatomie des Ohres* (1909), 2, 63.
 MÜNSTERBERG, H. & PIERCE, A. H. *Psych. Rev.*, (1894), 1, 461.
 MÜNSTERBERG, H. *Beitr. z. exp. Psych.*, (1889), 2, 162.
 NEFF & YELA. *Amer. Psych.*, (1948), 3, 243.
 NOWELL JONES, F. & BUNTING, E. *Amer. Psych.*, (1949), 4, 389.
 PERAKELIN, W. E. *Zeitschr. f. H.N.O.*, (1930), 25, 442.
 PIERCE, A. H. *The localisation of sound*, (1900), 4, 92 en 209.
 POLITZER, A. *Arch. f. Ohrenh.*, (1876), 11, 231. *Lehrbuch der Ohrenheilkunde*, 1908.
 POUGET, R. J. *Arch. di Lar., Ot., Rhin.* (1911), 32, 470.
 PREYER, W. *Sitzungsber. Jena'schen Ges. f. Med. Naturwissenschaften* (in 1874, p. 145). *Die Seele des Kindes*, 1884, p. 55. *Pflügers Arch.* (1887), 40, 586.
 (1874, p. 145. *Die Seele des Kindes*, 1884, p. 55. *Pflügers Arch.* (1887) 40, 586.
 PURKINJE, J. E. *Prager Wochenschr.*, (1860), 67, 91.
 RANKE, O. F. *Physiologie des Gehöres*, (1953) p. 2 (Berlin, Springer Verlag).
 RAUCH, M. *Monatschr. Ohrenh.*, (1922), 56, 83 en 176.
 REJTO, A. *Monatsch. Ohrenh.*, (1931), 65, 959.
 ROSENBLITH, W. A. *Jnl. Ac. Soc. Am.*, (1959), 22, 792.
 ROSENZWEIG, M. R. *Jnl. comp. and phys. Psychol.*, (1954), 47, 269.
 ROSTOSKY, P. *Philos. Studien*, (1902), 19, 557.
 ROTH, E. *Laryngoscope* (1930), 40, 900.

SCHAEFER, K. L. *Ztschr. Psych. und Phys. der Sinnesorg.*, (1890) p. 81.
Ztscher. f. Psychol., (1890), 1, 300.
 SCHMIDT, P. H. *Proc. 1st Intern. Congr. Audiol.*, Leiden 1953, p. 108. *Dissertation Leiden* (1955).
 SCOTT, S. A. *Proc. Roy. Soc. Med.*, (1859), 9, 198.
 SHUTT, E. C. *Kansas Univ. Quart.*, (1898), 7, 1.
 SIVIAN, L. J. & WHITE, S. *Jnl. Ac. Soc. Am.*, (1933), 4, 288.
 SKRAMLIK, K. v. *Ztscher. f. Biologie*, (1953), 106, 239.
 SÖDERBERG, F. *Arch. f. Ohrenh.*, (1931), 129, 335.
 SOEST, J. L. v. *Physica*, (1929), 9, 111.
 SPIEGEL, E. A. & KAHE-SCHITA, T. *Monatschr. f. Ohrenh.*, (1926), 60, 554.
 STEINBERG, J. G. & SNOW, W. B. *Bell Syst. techn. Jnl.* (1934), 13, 245.
Electric. Eng., (1934) 12, 53.
 STEVENS, S. S. & NEWMAN, E. B. *Proc. nat. Acust. Sci.* (1934), 20, 593.
Am. Jnl. Psych., (1935), 48, 297.
 STEWART, G. W. *Physical Rev.*, (1920), 15, 425 en 432.
 STRATTON. *Psych. Rev.*, (1897), 4, 354, 357, 360, 467 en 478.
 STUMPF, C. *Tonpsychologie* (1883), 1, 273.
 THOMAS, G. J. *Jnl. exp. Psychol.*, (1940), 28, 163.
 THOMPSON, S. P. *Philos. Mag.*, (1879), 8, 385. *Id.* (1878), 6, 383. *id.* (1881), 12, 351.
 TRIMBLE, O. C. *Psychol. Rev.*, (1928), 35, 515. *Psych. Monog.*, (1928), 28, 172. *Brit. J. Psych.*, (1928), 19, 167. *Amer. J. Psychol.*, (1929), 41, 564.
Amer. J. Psychol., (1935), 47, 264.
 TRÜGER, J. *Physikal. Ztscher.*, (1930), 31, 26.
 URBANTSCHITSCH, V. *Pflügers Arch.* (1881) 24, 574. *Pflügers Arch.* (1883), 31, 280. *Lehrb. d. Ohrenheilk.*, (1901) p. 35. *Arch. f. Ohrenheilk.*, (1907), 63, 80.
 VOLKMANN, W. *Lehrbuch der Psychol.*, (1895), bnd. 2, p. 132 (uitg. C. S. Cornelius).
 WALLACH, H. *Jnl. Ac. Soc. Am.*, (1939), 10, 270. *Jnl. exp. Psychol.*, (1940), 27, 339.
 WALLACH, H. & NEUMAN, E. & ROSENZWEIG, M. R. *Am. Jnl. Psychol.*, (1949), 62, 315.

INHOUDSOPGAVE.

	blz.
<i>Voorwoord</i>	
<i>Inleiding</i>	9
Hoofdstuk I. <i>Bespreking van de literatuur</i>	11
Hoofdstuk II. <i>Vraagstelling</i>	31
Hoofdstuk III. <i>Eigen experimenten</i>	35
1. Het verkrijgen van de normale lokalisatiegrafiek	35
2. Over de optische lokalisatiegrafiek	37
3. Invloed van de wijsfunctie op de lokalisatiegrafiek	39
4. Invloed van een echovrije ruimte op de lokalisatiegrafiek	39
5. Invloed van de aard van het geluid op de lokalisatiegrafiek	42
6. Invloed van de stand van het hoofd op de lokalisatiegrafiek	43
Hoofdstuk IV. <i>Statistische bewerking van de gegevens</i>	45
Hoofdstuk V. <i>Het richtinghoren bij hardhorendheid</i>	52
1. Otitis media chronica	52
2. Gehoorgangsatresie	54
3. Perceptiehardhorendheid en gemengde hardhorendheid	55
4. Otosclerose	56
5. Fenestratie bij otosclerose	59
6. Tympanoplastiek bij otitis media chronica	62
7. Aan één oor doven	64
Hoofdstuk VI. <i>Invloed van hoofdbewegingen, vestibulair orgaan en oorschelp op het richtinghoren</i>	68
1. Over de invloed van de hoofdbeweging en het vestibulaire orgaan	68
2. Oorschelp	80
3. Over de invloed van de hoofdfixatie	88
<i>Samenvatting</i>	92
<i>Summary</i>	96
<i>Aanhangsel</i>	101
<i>Literatuurlijst</i>	111

STELLINGEN.

1.

Bij de behandeling van lupus vulgaris met isonicotinezuur-hydrazide dient men in het bijzonder te letten op het ontstaan van carcinoom in de lupushaarden.

(Dermat. Wochenschr. (1956) 133, 9).

2.

Het verdient aanbeveling de behandeling van lues congenita door de veneroloog te laten geschieden.

3.

Het is raadzaam bij elke lijder aan dermatomyositis een uitvoerig onderzoek te verrichten naar het voorkomen van carcinoom.

(Arch. Int. Med. (1951) 88, 640).

4.

Het is juister te spreken van „cerebro vasculair accident” dan van „thrombosis cerebri”, „haemorrhagia cerebri” of „apoplexia cerebri”.

(N. T. v. G. (1955) 99, 3280).

5.

Bij vroeg breken der vliezen is een expectatieve houding te verkiezen boven de chemische inleiding der baring.

(Gynaecologia (1955) 139, 145)

6.

Bij ileitis terminalis als toevallige operatie-bevinding ver-richte men geen appendectomie en drainere niet.

(B. B. Crohn, Regional Ileitis, Uitg. Grune & Stratton 1949).

7.

In gevallen van acute afsluiting van een netvlies arterie verdient retro-bulbaire injectie van priscol de voorkeur boven die van acetylcholine.

(Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde (1956) 129, 231).

8.

Als aan instituten waar patholoog-anatomen worden opgeleid een bacterioloog verbonden zou zijn, zou dit het noodzakelijke contact tussen beiden in hoge mate bevorderen.

9.

Dat het elektro-myogram van de lange nekspier van de duif een gevoeliger aanwijzing voor de kopnystagmus zou zijn dan de kopbeweging zelf, is onjuist.

10.

De algemeen aangegeven verklaring voor zwevingen is, dat het hier een lineaire superpositie zou betreffen van twee tonen van ongeveer gelijke frekwentie. Men dient echter om alle bijkomstige verschijnselen te kunnen verklaren voor lineair *alinea*ir te lezen.