Utrecht University Library
Partner in Science
Universiteit Utrecht

Onderzoekingen over de physiologie van het gehoororgaan met behulp van de stemvork

https://hdl.handle.net/1874/278034

ONDERZOEKINGEN OVER DE PHYSIOLOGIE VAN HET GEHOOR-ORGAAN MET BEHULP VAN DE STEMVORK

DOOR H. J. MANKS

ONDERZOEKINGEN OVER DE PHYSIOLOGIE VAN HET GEHOORORGAAN MET BEHULP VAN DE STEMVORK

Diss. Utrecht 1922

ONDERZOEKINGEN OVER DE PHYSIOLOGIE VAN HET GEHOORORGAAN MET BEHULP VAN DE STEMVORK

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS DR. J. A. C. VAN LEEUWEN, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GODGELEERDHEID, VOLGENS HET BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE OP DINSDAG 30 MEI 1922, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR, DOOR

HENDRIKUS JOHANNES MANKS
ARTS, GEBOREN TE ARNHEM



NAAMLOOZE VENNOOTSCHAP
DRUKKERIJ EN UITGEVERS-MAATSCHAPPIJ DE VLIJT
ARNHEM

AAN MIJN OUDERS

De voltooiing van dit proefschrift biedt mij de welkome gelegenheid een woord van dank te richten tot U Hoogleeraren en Lectoren der Philosophische en Medische Faculteit voor het onderwijs, dat ik van U mocht ontvangen.

U, Hooggeleerden Quix, Hooggeachten Promotor, ben ik bijzonderen dank verschuldigd, niet alleen, omdat gij mij in de gelegenheid hebt gesteld, om onder Uwe leiding dit proefschrift te bewerken, maar vooral voor de aangename wijze, waarop gij uwe hulp verleende.

Zeergeleerde Bosscha, de vele practische wenken, die ik van U heb ontvangen, gedurende den tijd, dat ik uw assistent was, stel ik op hoogen prijs. Uw groote ervaring is voor mijne opleiding van het grootste belang geweest.

De groote bereidwilligheid, waarmede gij, Zeergeleerde Mejuffr. Kooy, altijd uw gewaardeerden steun en hulp verleende, was voor mij van groote waarde.

Aan allen, die mij bij de bewerking van dit proefschrift hebben bijgestaan, betuig ik mijn welgemeenden dank, in het bijzonder hen, die zooveel tijd en moeite hebben gegeven voor het welslagen van mijne proefnemingen.

INHOUD

blz.

Inleiding 1
Literatuuroverzicht 5
Methode van onderzoek 34
Bepaling van de gehoorscherpte met behulp van de stemvork 56
Binaurale accomodatie reflex 73
Indirecte beengeleiding 107
Het binaurale hooren 136
Het belang van de indirecte beengeleiding bij het bepalen van de gehoorscherpte en de vergelijking van deze met de contactbeengeleiding 145
Conclusies 160
Literatuuropgaven, in den tekst genoemd 163

INLEIDING.

Reeds in de oudheid is men tot de ervaring gekomen, dat een geluid niet alleen gehoord kan worden door de lucht, maar dat dit even goed mogelijk is, wanneer een geluidgevend lichaam in direct contact met den schedel wordt gebracht. Deze laatste wijze van hooren „het hooren door beengeleiding" is tot op heden bij de otologen het middelpunt der belangstelling gebleven. Aanvankelijk werd deze beengeleiding gebruikt, als diagnosticum voor aandoeningen van de gehoorzenuw en als middel om zich met dooven te onderhouden (CAPIVACCIUS, CAMERARIUS).

Later is door verschillende onderzoekers een dieper gaande studie over deze beengeleiding gemaakt (WHEASTONE, POLANTZKY, EMERSON).

Onder de namen van WEBER, RINNE en SCHWABACH, hebben deze onderzoekingen zich in de kliniek tot nu toe gehandhaafd, als drie belangrijke beengeleidingsproeven voor de otologische diagnose. Over de diagnostische waarde van deze proeven is in den loop der jaren een buitengewoon groote hoeveelheid literatuur verschenen. Hierin is een voortdurende strijd gevoerd over het belang van deze proeven voor de kliniek en over de physische en physiologische verklaringen. Niettegenstaande de uitvoerige klinisch, statistische en experimenteele onderzoekingen van

de meest vooraanstaande oorartsen heeft de studie van de contactbeengeleiding weinig positieve resultaten opgeleverd. Wel worden de proeven over de beengeleiding nog vrij algemeen in de kliniek gebruikt, maar de klinici hechten er tegenwoordig niet de waarde meer aan, zooals dit vroeger veelal geschiedde.

Naast het hooren door contactbeengeleiding, is ook reeds lang geleden gedacht aan de mogelijkheid, dat geluidstrillingen van een geluidsbron op afstand, waargenomen kunnen worden, doordat de schedel zelf in staat is, om deze geluidstrillingen op te vangen en naar het perceptieorgaan over te brengen. Deze wijze van hooren, buiten het trommelvlies om, is het hooren door indirecte beengeleiding genoemd (KESSEL). Over de waarde van de indirecte beengeleiding voor het physiologische hooren wordt verschillend geoordeeld. (HALLER 1757, LINCKE 1837, MÜLLER 1840, BEZOLD 1904). Slechts volgens enkele onderzoekers moet aan deze beengeleiding een grootere beteekenis toegekend worden voor het normale hooren, vooral voor de hooge tonen (MADER). Vrijwel algemeen wordt de indirecte beengeleiding van geen waarde beschouwd voor de in de lucht levende dieren. Wel bestaat volgens enkelen, de mogelijkheid dat langs dezen weg alleen zeer intensieve geluidstrillingen in het inwendige oor kunnen binnendringen; het hooren van zwakkere geluiden is op deze wijze alleen mogelijk voor dieren, die steeds in contact zijn met vaste of vloeibare lichamen, zooals de walvisch en de mol.

De belangrijkste oorzaak van de tegenstrijdige meeningen over de physiologie van het gehoor-orgaan moet wel gezocht worden in de methode van onderzoek. Vele experimenten, welke gedaan zijn, kunnen niet zonder meer, met het normale hooren, vergeleken worden.

Bovendien is eerst in de latere tijden, de stem-vork in de otologie gebezigd. Vroeger werd voornamelijk het horloge voor gehoorproeven gebruikt (POLANZKY 1842).

Het ligt voor de hand dat men vooreerst het instrument, waarmede men onderzoekt, leert kennen. De wijze, waarop men de stemvork als geluidsbron gebruikte, liet echter veel te wenschen over. Zeer uiteenloopend waren de soorten stem-vorken, de verschillende toonshoogten en de zuiverheid. Er zijn stemvorken gebruikt met en zonder loopgewichten, met rechte en met prisma-tische beenen. Ook de wijze van aanslaan liep uiteen; de eene op de knie, de andere tegen een houten blok of met een hamer. Een constante aanslag is eerst veel later toegepast. Dat een dergelijke wijze van experimenteeren uiteenloo-pende uitkomsten moet geven, laat zich begrijpen.

Dank zij de uitgebreide onderzoekingen over de stemvork door CHLADNI, WEBER, HELMHOLTZ en EDELMANN heeft men de physische eigen-schappen steeds beter leeren kennen. Daardoor kwamen ook de groote nadeelen aan het licht, welke het gebruik van deze geluidsbron met zich brengt en waaraan, tot op zekere hoogte (QUIX) niet veel te doen valt. Ik heb mij in deze onderzoekingen over de physiologie van

het gehoororgaan uitsluitend met de stemvork als geluidsbron bezig gehouden. De reden hiervan is niet alleen gelegen in het feit, dat de stemvork in de otologie zulk een gewichtige rol speelt, maar voornamelijk, omdat ik wil nagaan in hoeverre of de verkregen uitkomsten overeenkomen met de, in de literatuur beschreven gehoorproeven. Hierbij heb ik de stemvork gebruikt op een wijze, waarbij zooveel mogelijk met de physische eigenschappen is rekening gehouden.

Daarvoor is het noodig om een beknopt overzicht te geven van de in de literatuur besproken beengeleiding en andere physiologische beschouwingen over het gehoororgaan, benevens de grondslagen van de physica van de stemvork en de methoden, waarop we haar kunnen gebruiken voor de bepaling van de gehoorscherpte.

LITERATUUR-OVERZICHT

Gaan we de geschiedenis der beengeleiding na, dan vinden we, dat reeds eeuwen geleden gebruik is gemaakt van het verschijnsel, dat een geluid niet alleen waargenomen kan worden via de lucht, maar dat dit even goed mogelijk is, wanneer het geluid onmiddellijk den schedel bereikt, dus door direct contact van de geluids-bron met den schedel. Deze wijze van hooren noemen we het hooren door beengeleiding. Voor zooverre we kunnen nagaan dateert de kennis van deze beengeleiding reeds van het begin der zestiende eeuw. CAPIVACCIUS [40]) gebruikte in 1509 de beengeleiding als diagnosticum voor aan-doeningen van de gehoorzenuw. Daartoe nam hij een ijzeren staaf ter lengte van een el, waarvan men het eene einde tusschen de tanden neemt, en het andere tegen een resonnantiebodem van een muziekinstrument drukt. Wordt de toon niet vernomen, dan ligt de oorzaak in een verminderd perceptievermogen van de gehoorzenuw.

* CAMERARIUS (1624) [40]) en PORTA (1644) ver-meldden, dat tonen waargenomen kunnen worden, wanneer men een geluidgeleidend lichaam tusschen de tanden neemt.

SCHELLHAMMER in 1648 nam daartoe een vork. Later is door JORISSEN in 1757 [73]) door WINKLER

---

[40]) De cijfers hebben betrekking op het literatuur-overzicht aan het einde van het proefschrift.

* Deze namen zijn overgenomen uit Lincke's Handbuch der theor. u. prakt. Ohrenheilkunde.

in 1759 en BAUMER in 1749 de beengeleiding aanbevolen als hulpmiddel om zich met dooven te onderhouden. PEROLLE (1783) [63, 62]) vond, dat die gedeelten van den schedel, welke niet met spieren bedekt zijn, uitstekend geschikt zijn om tonen naar het perceptieorgaan voort te planten, terwijl de dieper gelegen deelen daartoe niet of veel minder geschikt zijn. Hij nam daarvoor een horloge en zocht die punten van het hoofd op, van waaruit dit het duidelijkst waargenomen werd. Ook voor sommige dooven is dit geluid nog waar te nemen. Het uurwerk werd niet gehoord, indien het op de tong gelegd werd, zonder de tanden aan te raken.

HALLER (1763) [40, 65, 47]) was de eerste, die een scherpe scheiding maakte tusschen het hooren door luchtgeleiding en het hooren door beengeleiding; in het eerste geval gaat het geluid door trommelvlies en gehoorbeentjes naar het binnenoor en in het tweede geval zullen de geluidstrillingen via den beenigen schedel direct het labyrinth bereiken.

Zooals we zagen, is de wetenschap, dat we een geluidgevend lichaam hooren, wanneer het in directe verbinding staat met den schedel, reeds eeuwen oud; zeer vroeg werd ook reeds gedacht aan de mogelijkheid, dat door de lucht voortgeleide trillingen, door tusschenkomst van den schedel, het perceptieorgaan zouden bereiken.

Er zijn derhalve twee manieren waarop het geluid, door tusschenkomst van den schedel, in het binnenoor kan doordringen; de eerste, de langst bekende, is in het spel, wanneer een geluid-

gevend lichaam, dat in onmiddellijk contact is met den schedel, zijn trillingen aan den schedel mededeelt, welke deze weer voortgeleidt naar het binnenoor. Bij de tweede wijze van hooren door beengeleiding vangt de schedel een gedeelte van het geluid uit de hem omgevende lucht op en geleidt dit geluid naar het binnenoor.

Tegenover deze wijze van hooren door beengeleiding staat het hooren door luchtgeleiding, waarbij het geluid uit de omgevende lucht het trommelvlies bereikt en via de keten van de gehoorbeentjes het oor binnendringt.

Het is voornamelijk de eerste vorm van beengeleiding, „contact-beengeleiding" geweest, welke door verschillende onderzoekers is benut voor diagnostische doeleinden in de kliniek.

Toen men de stemvork nog niet gebruikte voor vergelijking van de beengeleiding met de luchtgeleiding, was vooral het horloge het hulpmiddel om zenuwaandoeningen van aandoeningen der organen van de luchtgeleiding te onderscheiden (Polanzky 1842 [55]). Patienten, die dubbelzijdig hardhoorend zijn en daarbij nog in staat zijn om een horloge, door beengeleiding, waar te nemen, zijn volgens hem niet nerveus doof.

Erhard (1862 [65]) vond, dat in den ouderdom het geleidingsvermogen der schedelbeenderen voor geluid afneemt en dat een dikke hoofdhuid en welige haardos, de overdracht van geluidstrillingen door de schedelbeenderen doen verminderen. v. Tröltsch schreef in zijn leerboek (1881), dat boven het vijftigste jaar de beengeleiding voor het horlogetikken sterk afneemt. Hij schreef dit

toe aan een verminderde dichtheid van de schedelbeenderen en voegt er bij, dat ook bij processen van het slaapbeen of van andere gedeelten van den beenigen schedel, de beengeleiding vermindert.

Het zijn vooral de proeven van WEBER [68]) in 1829, van RINNE in 1855 [57]) en SCHWABACH, [64]) die zich het langst in de kliniek gehandhaafd hebben (LARET [38]). Het verschijnsel van WEBER was twee jaren te voren reeds door WHEATSTONE opgemerkt. Zet men een klinkende stemvork op de mediaanlijn van den schedel en drukt men aan één oor de uitwendige gehoorgang zacht dicht, dan hoort men in het dichtgehouden oor den toon veel krachtiger dan in het andere oor. Hetzelfde is niet alleen het geval bij het afsluiten van den gehoorgang met den vinger, maar eveneens door een cerumenprop, vernauwing van de tuba Eustachii en aandoeningen van het middenoor. Men heeft daaruit de conclusie getrokken, dat, wanneer het eene oor normaal, het andere oor hardhoorend is en de stemvork wordt bij de proef van WEBER in het zieke oor gehoord, de aandoening zou zetelen in het uitwendige oor, of in het middenoor. Zoo zou ook het experiment van VASALVA [5]), bij vele, maar niet bij alle personen het verschijnsel van WEBER te voorschijn roepen, omdat de daardoor veroorzaakte luchtverdichting in het middenoor, de bewegelijkheid van het stelsel der gehoorbeentjes doet verminderen.

Het verschijnsel van RINNE berust eveneens op een verandering in de beengeleiding. Wanneer men een klinkende stemvork tegen de bovenste

snijtanden houdt, tot zij niet meer gehoord wordt, dan verneemt men de toon weer, wanneer zij onmiddellijk, zonder haar opnieuw aan te slaan, voor den uitwendigen gehoorgang gehouden wordt. Eerst geruimen tijd later verdwijnt de toon hier. Dit resultaat noemde hij positief; daarentegen negatief, als de stemvork voor den gehoorgang niet meer vernomen werd. Was het resultaat negatief, dan zou dit wijzen op een aandoening van het geleidend apparaat; terwijl de aandoening gezeteld zou zijn in de gehoorzenuw, wanneer bij een doofheid de proef positief uitviel.

De proef van RINNE [51, 18.5]) wordt in de oorheelkunde thans meestal zoo aangewend, dat men de stemvork, welke met den steel op het rotsbeen is aangedrukt, laat uitklinken en dat men den tijd, gedurende welken de stemvork op deze wijze gehoord wordt, vergelijkt met den gehoortijd van de trillende stemvork in de lucht, wanneer deze voor den uitwendigen gehoorgang gehouden wordt. Het doel van deze proef dus is, om de beengeleiding te vergelijken met de luchtgeleiding en zoo na te gaan, of de beengeleiding verlengd of verkort is. Reeds door den Weenschen oorarts POLANTZKY [55]) was dezelfde proef met het horloge geprobeerd en voor de klinische diagnostiek aanbevolen. RINNE trok hieruit de conclusie, dat bij normaalhoorende menschen de beengeleiding voor de luchtgeleiding moet onderdoen.

Het is een verdienste van SCHWABACH geweest, dat hij de absolute verandering der beengeleiding in positieven en negatieven zin bestudeerd heeft

en op de diagnostische belangrijkheid van deze feiten heeft gewezen. Hij plaatste daartoe een klinkenden stemvork op den schedel en ging na, hoeveel seconden er verliepen tusschen den aanslag van de stemvork en het uitklinken, zooals dit door den patient werd aangegeven. De aanslag geschiedde met ongeveer dezelfde intensiteit op gevoel van den onderzoeker. Het is begrijpelijk, dat op deze wijze zeer uiteenloopende uitkomsten verkregen werden, die zoowel door den ongelijken aanslag, als door de verschillen in de individueele structuur der schedelbeenderen veroorzaakt werden. Andere onderzoekers als POLITZER en GRADENIGO hielden alleen rekening met het tijdsverschil, dat de normale onderzoeker den toon langer of korter hoort dan de patient. Ook de plaatsing der stemvork liep uiteen; terwijl SCHWABACH de stemvork in de mediaanlijn op den schedel plaatste, trachtte POLITZER [54, 13]) de beengeleiding van ieder oor gescheiden na te gaan, door de stemvork tegen de basis van de processus mastoideus aan te drukken. Ook in dit geval echter zal de invloed van het andere oor door de beengeleiding niet uit te schakelen zijn.

De intensiteit van de geluidsperceptie door beengeleiding, is in hooge mate afhankelijk van de plaats, waar de stemvork wordt aangezet. De intensiteit is volgens verschillende onderzoekers (URBANTSCHITSCH [66]) het sterkst bij plaatsing op den processus mastoideus in het bijbehoorende oor, vervolgens op de tanden en de mediaanlijn van den schedel en het minst op het achterhoofd. Verder is de intensiteit afhankelijk van den druk,

waarmede de steel op den schedel wordt gehouden. Zoo vond EDELMANN [16]) in een proef het volgende:

Een stemvork, welke volkomen vrij in de lucht opgehangen, steeds 210 seconden lang trilt, zal losjes tusschen den vinger gehouden 186 seconden, vast in de hand genomen 142 seconden, met den steel stevig op een tafel gedrukt 108 seconden en tusschen een bankschroef geklemd slechts 24 seconden lang trillen.

Vervolgens hebben we nog met andere factoren rekening te houden. Wanneer we een stemvork, als deze op den processus mastoideus is uitgeklonken, plaatsen op den processus mastoideus van onszelf, zal er een bepaalden tijd verloopen, waarin de stemvork vrij in de lucht trilt, 't geen weer een verandering in de trillingswijze teweeg brengt (QUIX [73]). Ook is de geluidsenergie, die door den steel door beengeleiding ons oor bereikt, een geheel andere, dan die, welke door luchtgeleiding, afkomstig van de stemvorkbeenen, ons trommelvlies bereikt (QUIX). Alleen de bepaling van den perceptietijd in beide gevallen, in vergelijking met de normale gehoorscherpte voor beengeleiding en luchtgeleiding afzonderlijk, kan ons een indruk geven van de veranderingen der beengeleiding en luchtgeleiding bij gehooraandoeningen.

Voegen we hier nu nog aan toe, dat ook de richting der geluidstrillingen invloed heeft op de geluidssterkte en dus ook de stand van den stemvorksteel op den schedel, dan is het begrijpelijk, dat de diagnotische waarde van deze stemvorkproeven door verschillende onderzoekers en klinici in twijfel getrokken is (QUIX[73], LUCAE[43]).

Ook de wijze, waarop de perceptie door beengeleiding plaats heeft, is tot heden niet opgelost. 't Was HALLER, die meende dat het geluid door de schedelbeenderen onmiddellijk naar het slakkenhuis wordt voortgeleid, dat het dus door het beenderige omhulsel van het slakkenhuis onmiddellijk in het slakkenhuis binnendringt. LUCAE [41, 42]) was de eerste, die vond, dat ook de gehoorbeentjes in het middenoor in trilling kwamen, wanneer men een klinkende stemvork op den schedel zette. BERTHOLD [48]) gebruikte het principe van de manometrische vlammen. Hij maakte van den uitwendigen gehoorgang een gaskamer en kreeg zoo in een roteerenden spiegel mooie vlamcurven, wanneer een klinkende stemvork op den schedel geplaatst werd. Dat de vlamtrillingen werkelijk door het trillende trommelvlies veroorzaakt werden, bleek hieruit, dat de vlambewegingen kleiner werden of ophielden, wanneer men het trommelvlies op de een of andere wijze in zijn bewegingen belemmerde.

POLITZER deed de volgende proef. Bij een schedel werd de vloeistof uit het slakkenhuis verwijderd en met lucht gevuld. Zette hij een klinkende stemvork op den schedel en ausculteerde hij nu in de inwendige gehoorgang, dan hoorde hij duidelijk den toon. De sterkte nam af, wanneer men de verbinding tusschen aanbeeld en stijgbeugel verbrak en nam weer toe als de beide gehoorbeentjes weer tegen elkaar aangelegd werden.

Steunende op deze proef, nam hij aan, dat ook bij het hooren door beengeleiding, de trillingen van den schedel overgaan op het trommelvlies

en dan via de gehoorbeentjes naar het slakkenhuis. HENSEN [62]) heeft deze voorstelling eveneens aangenomen en onderscheidde deze geluidsoverdracht als craniotympanale geleiding, van de aerotympanale geleiding, waardoor de overdracht van het geluid op het trommelvlies onmiddellijk van uit de lucht geschiedt.

MADER [46]) schroefde een stemvork in het geopende rotsbeen en plaatste de stift van een microphoon achtereenvolgens op verschillende plaatsen: trommelvlies, stapesplaat, hamer. Sneed hij het trommelvlies los of deed hij paracentese, dan nam de geluidsintensiteit, welke op de stift overging, en door een telephoon gehoord kon worden, niet af. Wèl was dit het geval, wanneer hij de aanbeeldstijgbeugelverbinding doorsneed. Hieruit concludeerde MADER, dat er een craniotympanale beengeleiding bestaat en wel via de stapesplaat en niet door middel van trommelvlies, hamer of aanbeeld.

POLITZER en HENSEN [53, 2]), de groote voorstanders der craniotympanale beengeleiding, waren daarentegen van meening, dat niet alleen geluidstrillingen van de schedelbeenderen overgaan op het trommelvlies en op de keten van gehoorbeentjes door middel van de annules tympanicus en de ligamenten der beentjes, doch ook op de lucht in de trommelholte en in de uitwendige gehoorgang en van deze weer op het trommelvlies en de keten van gehoorbeentjes.

Over het al of niet bestaan van een directe beengeleiding, zooals HALLER zich die voorstelde, wordt dus verschillend geoordeeld.

BEZOLD [8]) en HENSEN ontkennen iedere directe beengeleiding. Volgens hen is de zuivere cranieele beengeleiding van geen belang bij de contact-beengeleiding. MADER kende aan deze cranieele beengeleiding wel waarde toe; BING [46]) in het geheel niet.

Dat deze meeningsverschillen over het verloop der geluidstrillingen bij contactbeengeleiding iedere afdoende verklaring voor de verandering van deze beengeleiding bij gezonde of zieke gehoororganen uitsluiten, is te begrijpen. Afgezien van de physische bezwaren der beengeleidingsproeven met de stemvork (QUIX), komt hierbij nog, dat ook klinisch de veranderingen in de beengeleiding, o. a. de verlenging bij verschillende oorziekten, niet overeenstemmen. Zoo staan in de literatuur verschillende gevallen vermeld, waar de beengeleiding is toegenomen bij labyrinthaandoeningen, zelfs in gevallen waar de geheele cochlea was uitgestooten (LUCAE, JACOBSON, BEZOLD [58]).

Door tal van experimenten, deels van physiologischen, deels van physischen aard, heeft men getracht, om een inzicht te krijgen in de voortplanting der geluidstrillingen door de schedelbeenderen bij normale menschen, in de eventueele resonantie van schedelholten en in de verandering der beengeleiding bij aandoeningen van het gehoororgaan. Het is van belang om enkele van deze experimenten en verklaringen van voorgaanstaande onderzoekers naar voren te brengen, om zoodoende een overzicht te krijgen over de physiologie der beengeleiding, zooals deze zich tot heden toe ontwikkeld heeft.

De oudste verklaring voor de toename der

contactbeengeleiding bij het dichthouden van een oor is, dat tengevolge van deze afsluiting met den vinger een resonnantieholte zou ontstaan in de uitwendige gehoorgang (WEBER [53]), SCHWABACH, TOYNBEE). Door dergelijke resonnantie, zou ook de versterking der beengeleiding, bij sommige gevallen van middenoorlijden, ontstaan. Dat deze opvatting in strijd is met de onderzoekingen van HELMHOLTZ ligt voor de hand. HELMHOLTZ [35]) heeft de eigen toon der uitwendige gehoorgang in het viergestreepte octaaf gevonden, terwijl de beengeleiding juist voor de veel lagere tonen is verlengd.

TOYNBEE [11]) dacht tevens aan een belemmering in het afvloeien van geluidstrillingen van de schedelbeenderen op het trommelvlies en geleidend stelsel, door reflexie op het gefixeerde stelsel bij middenoorlijden of tegen den tragus bij afsluiting der uitwendige gehoorgang met den vinger.

LUCAE [42] neemt naast de resonnantie-theorie aan, een toename der beengeleiding door labyrinthdrukverhooging bij vingerafsluiting. Een, niet te intensief, drukken met den vinger, zou daarom een duidelijker hooren van de, op het hoofd geplaatste stemvork, veroorzaken. POLITZER komt hier tegen op, omdat ook een afsluiten van de uitwendige gehoorgang met een watje, een versterkte beengeleiding geeft. Steken we het eene uiteinde van een slang in de uitwendige gehoorgang en knijpen we het andere uiteinde zachtjes dicht, dan wordt de beengeleiding ook verlengd (MACH).

Andere onderzoekers gelooven niet dat een

drukverhooging in het labyrinth mogelijk is door de communicatie van het binnenoor met de subarachnoïdale ruimte. Een eventueele drukverhooging zou direct weer opgeheven worden (BEZOLD [8]),

MACH [44]), GELLÉ [27]) en BLOCH [10]) gelooven wel, dat een drukverhooging mogelijk is. Volgens hen veroorzaakt deze echter vermindering der beengeleiding.

MACH [45]) trachtte door auscultatie het vraagstuk op te lossen. Hij nam daartoe een caoutchouc slang, welke door een gesloten deur werd gebracht. Het eene uiteinde van de slang plaatste hij met aanzetstuk op verschillende plaatsen van zijn hoofd. Het andere uiteinde stak een waarnemer, die in het andere vertrek plaats had genomen, in zijn oor. De waarnemer kon zoo den toon hooren, welke MACH zachtjes zong. De toon was het duidelijkst, als MACH de slang ook in zijn oor stak en veel zwakker, als hij de slang op andere gedeelten van zijn hoofd plaatste. Hiermede bewees MACH dat een belangrijk gedeelte van de geluidsenergie, de gehoorgangen weer verlaat. Ook POLITZER [53]) bevestigde dit, en vond tevens dat deze hoeveelheden, voor de beide gehoorgangen van eenzelfde persoon met normale ooren, verschillend was. Naar aanleiding van deze geluidsafvloeiïng langs de uitwendige gehoorgangen, stelde MACH de volgende theoretische beschouwing op:

Plaatst men een klinkende stemvork op den schedel, dan zullen de geluidstrillingen zich in alle richtingen moleculair voortplanten. Ze bereiken

dus ook beiderzijds het labyrinth en zullen dan door het geleidend apparaat naar buiten afvloeien, evenals dit geschiedt via het geheele schedeloppervlak, maar dan zonder geleidend apparaat. De gehoorbeentjes kunnen dus niet alleen in trilling gebracht worden door geluidstrillingen van buiten af, maar ook door geluidstrillingen, die door den beenigen schedel voortgeleid worden. Beschouwt men nu de keten van gehoorbeentjes als een zeer bewegelijke staaf, die „en masse" trilt, dan zullen de geluidstrillingen, welke door de lucht het oor bereiken, het naar buiten gekeerde einde het eerste treffen; dit is de steel van den hamer in het trommelvlies. Bij beengeleiding zal het naar binnen gekeerde einde het eerst getroffen worden, dit is de stapesplaat.

Het laatste aangrijpingspunt is ongunstiger dan het eerste, 't geen door middel van het trommelvlies trilt. Wordt de staaf nu, tengevolge van een ontstekingsproces of tengevolge van de afsluiting van de uitwendige gehoorgang met den vinger, min of meer gefixeerd, dan zullen de trillingen, welke van uit de schedelbeenderen op het geleidend apparaat overgaan, belet worden om naar buiten af te vloeien. Er hoopt zich geluidsenergie in het oor op, waardoor de geluidsindruk krachtiger wordt.

GELLÉ [23, 26]) heeft de afvloeiende geluidstrillingen door de uitwendige gehoorgangen eveneens geausculteerd. Hij dacht zich het verloop der geluidstrillingen bij beengeleiding craniotympanaal en wel zoo, dat verschillende klinische gegevens verklaard zouden kunnen worden. Volgens GELLÉ

gaan de geluidstrillingen van een trillende stemvork op het hoofd, over op de lucht in het cavum typani. Van daar zullen de geluidstrillingen vooreerst via de stapesplaat het binnoor bereiken. Dit gedeelte van het geluid wordt door den patient zelf waargenomen. Het andere gedeelte der geluidsenergie gaat over op de lucht in de uitwendige gehoorgang, 't zij direct, 't zij via het trommelvlies, hamer of aanbeeld.

Deze geluidshoeveelheid kan door den waarnemer met een slang geausculteerd worden. Bij ooraandoeningen worden deze twee wegen als 't ware gescheiden. GELLÉ drukt dit als volgt uit:

Les lésions morbides ont pour effet de rendre manifeste l'isolement des deux voies de transmission, celle par l'air et celle par les os; ce qui n'est qu'une vue de l'esprit d'analyse, quand il 's'agit d'organes sains, se réalise dans la phase pathologique.

Volgens GELLÉ zullen geen geluidstrillingen, van de op het hoofd geplaatste stemvork, het binnenoor kunnen bereiken, wanneer de stapes plaat absoluut gefixeerd is. Bij aandoeningen van het middenoor zou de beengeleiding derhalve lang niet altijd verlengd behoeven te zijn.

Wordt de uitwendige gehoorgang van het normale oor, zoodanig met den vinger afgesloten, dat geen drukverhooging kan ontstaan, dan zullen de geluidstrillingen, welke normaal naar buiten afvloeien, hierin belet worden en nu eveneens via de stapesplaat, het binnenoor bereiken. De persoon hoort den toon dan sterker in het gesloten oor; de toon wordt gelateraliseerd. Eerst dan,

wanneer de vingerafsluiting intensiever is, zal de beengeleiding afnemen. De daardoor veroorzaakte drukverhooging in de uitwendige gehoorgang, zal de keten van gehoorbeentjes labyrinthwaarts bewegen. De stapesplaat wordt hierdoor min of meer gefixeerd en de membrana secundaria naar het cavum tympanie gebogen. Alleen, wanneer de stapesplaat te voren niet door een ziekte-proces gefixeerd was, kan door de drukverhooging de stapesplaat in het foramen ovale gedrukt worden, en zal de persoon de op het hoofd geplaatste stemvork, minder goed hooren. In zijn Pressions centripètes geeft GELLÉ op die manier een hulp-middel om de stapesfixatie in de kliniek te diagnostiseeren.

De luchtcompressie verricht GELLÉ met behulp van een Politzer ballon met slang, welke in de uitwendige gehoorgang wordt gestoken. De ver-mindering der beengeleiding duurt even lang, als de luchtdrukverhooging aanhoudt, en kan gepaard gaan met andere verschijnselen van labyrinth-drukverhooging als oorsuizen, duizeligheid en braken.

Ausculteeren we de afvloeiende geluidsenergie van een, op het hoofd geplaatste stemvork, dan is een gering spanningsverschil van het geleidend stelsel reeds waar te nemen, door een verzwakking van den te ausculteeren toon, voor den waarnemer.

Dit spanningsverschil kan veroorzaakt worden door de proef van VASALVA, door slikken of kauwen; meer geluidstrillingen zullen dan op de stapesplaat overgaan; de patiënt zal den toon duidelijker hooren.

De Duitsche School (HARTMAN, LUCAE, POLITZER, BEZOLD) gaan met deze opvattingen van GELLÉ niet mee. BLOCH komt in verschillende opzichten tot hetzelfde resultaat.

Het voornaamste argument van den kant der tegenstanders is wel, dat zij een drukverhooging in het labyrinth, overgebracht door het geleidend stelsel, niet accepteeren, uitgezonderd LUCAE.

Een geheel andere opvatting over de toename der beengeleiding bij het afsluiten van de uitwendige gehoorgang met den vinger, is die van BEZOLD [8].)

Nemen we twee membranen, zegt BEZOLD, welke door een touwtje zijn verbonden, dan zullen de trillingen, teweeggebracht in de eene membraan, des te beter op de andere membraan overgaan, naarmate het touwtje strakker gespannen is.

Deze meerdere spanning treedt in het geleidend stelsel op, wanneer we de uitwendige gehoorgang met den vinger afsluiten. Ook bij middenoorlijden zal door verdikking en meerdere spanning van de banden van het geleidend stelsel, het geluid beter door dit stelsel het binnenoor kunnen bereiken; de beengeleiding zal daarom toenemen, De luchtgeleiding zal afnemen, omdat het trommelvlies minder goed de geluidstrillingen van uit de lucht kan opnemen.

Naast deze, meest belangrijke beschouwingen over de beengeleiding, zijn er nog onderzoekers, die van iedere physische verklaring afzien.

Zoo wilde STEINBRÜGGE [58]) de gevoeligheid van de gehoorzenuw aansprakelijk stellen voor de verandering der beengeleiding.

Ook GELLÉ sprak van een „hyperaesthesie sensorielle, qui peut, à elle même, amener la lateralisation du diapason vertex". De hyperaesthesie zou volgens STEINBRÜGGE alleen aanwezig zijn bij acute oorziekten: bij oudere processen neemt de prikkelbaarheid en met haar de beengeleiding af, evenzoo bij oude menschen. Hij beschouwde de proeven van RINNE, SCHWALBE en WEBER als maat voor de prikkelbaarheid der gehoorzenuw. De gevoeligheid verklaarde hij ten deele door labyrinthdrukverhooging bij middenoorlijden, ten deele door hyperaemie van van binnenoor. Velen ontkennen dit, op grond van de gescheiden vascularisatie van middenoor en labyrinth.

Het groote aantal tegenstrijdigheden, dat we voortdurend weer vinden bij het nalezen van de uitgebreide literatuur over dit onderwerp, bewijst wel, dat een juiste oplossing van de, in de kliniek, opgedane ervaringen nog niet is gevonden. Hoe moeten we b.v. verklaren, dat we in gevallen van radicaaloperatie, waar de gehoorbeentjes gedeeltelijk zijn weggenomen, eveneens de klinkende stemvork, geplaatst op de mediaanlijn van den schedel, sterker hooren in het geopereerde oor? Nemen we in zulk een geval aan, dat de trillingen der schedelbeenderen eerst op de stijgbeugelplaat overgaan, alvorens tot perceptie te komen, hoe is het dan mogelijk, dat in gevallen van sclerosis aurium, waar de stijgbeugelplaat volkomen gefixeerd kan zijn, de beengeleiding aan dat oor in de meeste gevallen is toegenomen. Is hier sprake van de resonnantieholte, volgens

WEBER, RENNE, TOYNBEE; is de membrana secundarie misschien ook in staat om geluidstrillingen van uit het cavum tympani op te vangen in die mate dat geluidsperceptie mogelijk is of speelt de zuivere cranieele geleiding volgens HALLER een grootere rol, dan algemeen wordt aangenomen?

In het dierenrijk is volgens vele onderzoekers, de zuivere beengeleiding, zonder meedoen van het geleidend stelsel, wel van belang. Door vergelijking met dieren, welke steeds in contact leven met vaste of vloeibare media, zooals de walvisch en de mol, heeft men getracht de punten van overeenkomst in het physiologische hooren tusschen deze dieren en mensch op te sporen. (BONNINGHAUS [12], QUIX.)

Men nam daartoe de walvisch, waartoe ook de op onze kusten voorkomende bruinvisch behoort, zoogdieren, welke van het land naar de zee zijn verhuisd. Nemen we nu aan, dat alle organen zich zooveel mogelijk aan het leven in het water hebben aangepast, dan zien we dit ook opgaan voor het gehoororgaan.

Uitwendig aan den schedel merkt men van een gehoorschelp niets. Het uitwendige gehoororgaan ontbreekt echter niet. Bij zorgvuldig praepareeren vindt men ter zijde van den schedel eene kleine opening welke zich voortzet in een buis, dikwijls plaatselijk gesloten, echter zich voortzettend tot aan het trommelvlies en zich, alvorens dat te bereiken, trechtervormig verwijdend. Bedenken we nu, dat deze buis zeer nauw en grootendeels gesloten is, en bovendien door een dikke spekslaag loopt, die bij den bruinvisch reeds eenige

c.M., bij den grooten walvisch eenige d.M. dik is, dan kan deze, hoewel anatomisch tot de uitwendige gehoorgang gerekend, physiologisch geheel verwaarloosd worden. In de omgeving van het perifere uiteinde van deze uitwendige gehoorgang, in het subcutane vetweefsel zijn nog kleine kraakbeenplaatjes gevonden welke homologa zijn van het kraakbeen der gehoorschelp, aangezien er spieren aan voorkomen, die geinnerveerd worden door dezelfde zenuwen als die, welke bij de andere zoogdieren de uitwendige oorspieren innerveeren.

Het middenoor is omsloten door twee beentjes, het os perioticum en os tympanicum, die uit het gewone verband met den schedel zijn geraakt en opgesloten liggen in eene groote holte, terzijde en naar onderen van den schedel. De beentjes zijn zeer hard van consistentie en omgeven door lucht en bloedhoudende ruimten. Het trommelvlies bij den walvisch is tot een stevige bindweefselstreng ingetrokken, die zich aan den hamer vasthecht. Het meest opvallende in de keten van gehoorbeentjes is, dat hunne gewrichten met kraakbeen stevig en onbewegelijk ten opzichte van elkaar verbonden zijn, terwijl aan den buitenkant de hamer beenig verbonden is met den trommelholtewand en de stijgbeugel kraakbeenig vastzit aan de randen van het ovale venster.

Een uitvoerige histologische studie heeft verder aan het licht gebracht, dat de spieren voor een groot deel niet ontspringen van den beenigen wand der trommelholte, doch in het slijmvlies van het middenoor, dat groote veneuse bloedruimten bevat. Dergelijke corpora cavernosa vindt

men bij den walvisch meerdere en grootere, en vindt men niet in de trommelholten van andere zoogdieren. Zij schijnen voor het lang onder water blijven een physiologische beteekenis te hebben, aangezien zich daarin een groote hoeveelheid veneus bloed kan ophoopen. Het corpus cavernosum der trommelholte vult deze holte voor meer dan een derde op en bedekt geheel de membraan van het ronde venster.

Het slakkenhuis van den walvisch bevat iets meer dan 1½ winding, terwijl de booggangen, de utriculus en de sacculus in verhouding tot de grootte van het dier en tot de grootte van de overige gedeelten van het gehoororgaan zeer klein zijn.

Dat nu de walvisch hoort, is aan walvischvaarders wel bewezen, althans wat de geluiden betreft, welke in het water ontstaan. Dat de geluidstrillingen het trommelvlies niet kunnen bereiken, is wel zeker; de dikke speklaag zal dit wel beletten. De geluidstrillingen dringen echter wel door tot de, aan de oppervlakte liggende harde schedelbeenderen van den walvisch, die een uitstekende geluidsleider zijn en wel veel gemakkelijker dan van uit de lucht in de schedelbeenderen, omdat het specifiek verschil in gewicht tusschen water en been veel minder is dan tusschen lucht en been, en er minder weerkaatst wordt. Deze geluidsbeweging zal ook overgaan op de vloeistof in het slakkenhuis en op de membrana basilaris, zoodat de walvisch zal hooren door directe beengeleiding. Ook zal hier nog wel een craniotympanale beengeleiding bestaan, de toegang door het geheele

slakkenhuis is door grootere oppervlakte evenwel veel breeder en laat dan ook meer geluid toe (QUIX).

Nu zal het meetrillen van de snaren in de membrana basilaris op een bepaalden toon alleen dàn goed kunnen plaats hebben, wanneer een goede vloeistofverplaatsing mogelijk is, waardoor de trilling van de snaren veroorzaakt wordt, en dat zal het geval zijn, wanneer een venster aanwezig is in de wand van het omhullende vat, in dezen in den beenwand van het slakkenhuis. Nu weten we dat dit venster, het ronde venster, is afgesloten door een membraam, het tweede trommelvlies, welke met caverneus weefsel is bedekt. Een contractie van de spier, welke aan den stijgbeugel vastzit, is in staat, om den membraam vrij te maken, terwijl een samentrekking van de tweede spier, de tensor tympani, het bloed uit het corpus cavernosum drukt en zoo de luchthoudende ruimten vergroot. De membraam zal op deze manier in hare bewegingen minder geremd worden. Door contractie dezer middenoorspieren zal de walvisch zijn gehoor verscherpen. We zien dus dat bij deze dieren, het ronde venster, en de directe beengeleiding volgens HALLER, een belangrijke rol speelt (QUIX).

BÖNNINGHOUS en BEZOLD zijn van andere meening. Zij denken dat de geluidstrillingen, ook bij deze dieren craniotympanaal het labyrinth bereiken. De gehoorbeentjes zijn dikker en zwaarder en zullen de trillingen van uit de schedelbeenderen heel goed geleiden (BEZOLD).

Bij den mensch komen toestanden voor, welke met deze in zee levende dieren te vergelijken zijn, o.a. bij de „Otosclerose".

Hieronder verstaan we een ziekteproces, waarbij pathaloog anatomisch een beenige vergroeiïng optreedt tusschen de stapesplaat en het ovale venster met spongioseering van het been van het labyrinth=kapsel en als complicatie in vele gevallen een degeneratief atrophisch proces van het zenuw=apparaat. Bij deze aandoening kan dus zoowel het perceptie=orgaan als het geleidend apparaat aangedaan zijn. Is het perceptie=orgaan nog intact, dan is de beengeleiding verlengd voor lage tonen. Van de luchtgeleiding is bij deze lijders dikwijls nog een belangrijk gedeelte over.

Evenzoo is het gesteld bij patiënten, die een radicale slaapbeen=operatie hebben ondergaan. Van een craniotympanale beengeleiding kan moeilijk sprake meer zijn, te meer daar ook de stapesplaat in de meeste gevallen wel door het ontstekingsproces gefixeerd zal zijn. Toch kan ook bij deze patiënten een belangrijk gedeelte van de gehoorscherpte over zijn. Zal dit nu veroorzaakt worden door het meetrillen van het tweede trommel=vlies op de geluidstrillingen door de lucht, via de lucht in het cavum tympani, dus een gewijzigde luchtgeleiding of hebben we hier te doen met een zuiver cranieele geleiding en dan in dit geval veroorzaakt door geluidstrillingen, welke van uit de lucht op de schedelbeenderen overgaan en niet door direct contact van een geluidgevend voorwerp met de schedelbeenderen, zooals dit in de meeste proefnemingen het geval is. Daarvoor dienen we nu in de eerste plaats te weten of deze cranieele geleiding van de trillingen van uit de lucht een belangrijke rol speelt bij normale personen.

Daarvan is tot dusverre niets met zekerheid bekend.

Kessel [65]) voerde het eerst het begrip in van directe en indirecte craniotympanale beengeleiding. Onder directe craniotympanale beengeleiding verstaat hij de contactbeengeleiding. Onder den indirecten vorm van deze beengeleiding rekent hij die geluidsoverdracht, waarbij de schedel de trillingen opvangt van een geluidsbron op afstand en deze, via de keten van gehoorbeentjes, naar het perceptieorgaan voortgeleidt. Dit laatste zou alleen mogelijk zijn voor de hoogere tonen. Hij vond, dat de menschelijke spraak met gesloten ooren beter verstaan werd door kinderen, dan door volwassenen.

Johannes Müller [47]) hecht aan de indirecte beengeleiding bij dieren, die buiten het water leven, geen waarde. Purkinjé ontkent de beengeleiding door de schedelbeenderen ten eenenmale.

Uihoorn [40]) beschrijft een jodenjongen, wiens gehoorgangen absoluut afgesloten waren. Slechts een paar knobbeltjes waren op die plaatsen aanwezig. Hij hoorde en leerde goed spreken.

Pietro de Castro haalt een geval aan van een dooven man, die kon hooren, als men hem naar zijn wervels sprak. Panarolus vertelt van een twaalfjarigen jongen, die alleen iets kon verstaan, als men hem naar zijn rug sprak. Lentin [40]) en De Lanis vermeldden soortgelijke gevallen. Lincke zegt in zijn handboek van 1837, dat het mogelijk is, om door schedellitteekens na groote verwondingen, duidelijk tonen te kunnen waarnemen, als patiënt de ooren met de vingers goed afsluit.

SAVART [40]) en PERIER deden soortgelijke proeven bij menschen met trepanatie litteekens.

RINNE hechtte aan de beengeleiding bij een geluidsbron op afstand geen waarde. HELMHOLTZ [35]) en HARLESS [33]) evenmin. MADER [46]) toonde aan, dat het mogelijk was, om tonen van klinkende stemvorken, welke op eenigen afstand van den schedel geplaatst zijn, met een stethoscoop op het schedeloppervlak te ausculteeren. Met een fijn ingestelde oto-microphoon, kon hij de tonen, welke door het eene oor opgenomen werden, met betrekkelijk groote kracht aan het andere oor hooren uitklinken. Ook, wanneer tegen het achterhoofd gesproken werd, kon hij dit, met de, op de glabella geplaatste microphoonstift, nog heel goed verstaan. Op grond van deze verschijnselen hechtte MADER wel waarde aan de beengeleiding bij een geluidsbron op afstand.

In de kliniek ondervindt men dagelijks de bezwaren van het meehooren van het andere, van de geluidsbron afgekeerde oor, door beengeleiding. BEZOLD [7]) heeft dit, in zijn spiegelbeeldmethode nader uitgewerkt. Wanneer bij een patiënt, voor het zieke oor, waarvan het labyrinth geheel verloren was gegaan, een reeks stemvorken werd gehouden, terwijl het gezonde oor met den vinger gesloten was, kon deze patiënt alle tonen beneden a^1 niet en boven a^1 wel, in min of meerdere mate verkort, door het gezonde oor hooren, tengevolge van het meehooren van dit oor door beengeleiding. Hij bezigde deze proef voor diagnostische doeleinden. De toon a^1 zou namelijk de grens zijn; wordt deze toon nog gehoord,

dan zou een labyrinthettering aan het zieke oor uit te sluiten zijn. Het gedeelte van de tonenreeks, van a^1 tot de min of meer ingekorte bovengrens, noemde BEZOLD, het spiegelbeeld van het normale oor. Een oor zou dan totaal doof zijn, wanneer de door dit oor gehoorde tonenreeks overeenkomt met het normale spiegelbeeld. Later is gebleken, dat deze conclusie niet in alle opzichten juist is (QUIX [77]). Vooreerst hangt de grootte van het spiegelbeeld af van de intensiteit van de geluidsbronnen, welke we gebruiken. Aangezien de geluidsintensiteit der stemvorken zeer uiteenloopt, zullen de resultaten van het onderzoek heel verschillend zijn. Bovendien is het mogelijk, dat het zieke oor nog gehoorresten over heeft, welke juist vallen binnen het spiegelbeeld, zoodat het onmogelijk zal zijn om deze resten op te sporen, wanneer althans de overgebleven gehoorscherpte voor deze tonen beneden de gehoorscherpte ligt voor dezelfde tonen van het spiegelbeeld.

In ieder geval heeft BEZOLD hiermede het bewijs geleverd, dat geluidstrillingen van een geluidsbron op afstand, van het eene oor, door beengeleiding, op het andere oor kunnen overgaan. Ook heeft hij enkele proeven genomen, om te zien of de mogelijkheid bestaat, dat geluidstrillingen door den schedel zelf opgenomen kunnen worden, zonder tusschenkomst van het geleidend stelsel. Hij nam een slang, waarvan het eene einde over de steel van een trechter geschoven werd en het andere einde over de steel van een stemvork. Hij plaatste de trechter op verschillende plaatsen van den schedel, zoodanig, dat geen geluids-

trillingen van den trechterwand zelf, dus door contactgeleiding, op den schedel konden overgaan. Zoo kon BEZOLD bij den patient, die het labyrinth aan een kant miste en die de tonen beneden a^1 niet kon hooren aan dat oor, nog wel deze tonen door auscultatie van zijn schedel beluisteren, vooral achter het gezonde oor van den patiënt, wanneer hij den trechter plaatste achter het zieke oor. BEZOLD gaat dan ook in zooverre met MADER mee, als deze zegt, dat de schedel geluidstrillingen kan opnemen. Hij voegt er echter bij, dat dit gedeelte van de geluidshoeveelheid niet geperci-pieerd behoeft te worden. Alleen voor de hoogere tonen, als de intensiteit groot genoeg is, kan dit wel het geval zijn. De beengeleiding, volgens HALLER acht hij uitgesloten.

ZWAARDEMAKER [49]) heeft de afvloeiende geluids-energie uit het hoofd nagegaan met microphoon en snaargalvanometer, bij plaatsing van stemvorken op het hoofd. Het grootst was het afvloeiende geluid uit de ooren; 't kleinst uit de weeke deelen. Werd de geluidsbron buiten den schedel gehouden, dan was het resultaat negatief. Alleen zeer sterke geluiden kunnen langs dezen indirecten weg tot het binnenoor doordringen.

Dat, behalve de intensiteit en de afstand van de geluidsbron, ook het gedeelte van het hoofd, dat de geluidstrillingen moet opvangen, van belang is, volgt uit hetgeen verschillende onderzoekers schreven over de voortplantingen van de geluids-trillingen door den schedel. Waren de schedel-beenderen alle homogeen, dan zouden de geluids-trillingen zich overal gelijkmatig voortplanten. Dit

is evenwel niet het geval. MACH kon, wanneer hij de stemvork in het eene rotsbeen bevestigde, de toon met de microphoon het duidelijkste hooren in het andere rotsbeen. MACH dacht dat dit zoo was, omdat de rotsbeenderen, de meest compacte beenderen van den schedel zijn. BEZOLD vond hetzelfde, als hij op de tuber parietale ausculteerde, terwijl de stemvork op de andere tuber parietale drukte. Ook ZWAARDEMAKER verklaarde de sterkere geluidsafvloeiïng langs de ooren door de goede geleiding van de rotsbeenpyramiden.

FREY[21, 22]) heeft dit onderwerp nader bestudeerd. Hij schroefde den steel van een stemvork in de uitwendige gehoorgang van eene schedel, zoodat de steel in de richting van het os-petrosum lag. Door het aandrukken van een stift van een microphoon op verschillend gelegen plaatsen, ten opzichte van de beide uitwendige gehoorgangen van den schedel, kon hij nagaan hoe de intensiteit der geluidstrillingen zwakker werd, al naar gelang hij de stift op grooteren afstand plaatste van de uitwendige gehoorgang met de ingeschroefde stemvork, terwijl daarentegen de intensiteit weer toenam,. wanneer hij met de stift aan de helft van den schedel de andere uitwendige gehoorgang naderde. Deze intensiteitstoename was veel sterker, als op even grooten afstand van het uitgangspunt, op andere plaatsen van den schedel, b.v. op de convexiteit, waar het aandrukken der stift de microphoon lang zoo sterk niet doet meetrillen.

FREY schrijft dat hieraan toe dat de geluidstrillingen in de compacte massa's der pyramiden

een bijzonder gunstige geleiding vinden. Dit verschijnsel is vooral hierom van belang, omdat men allicht geneigd is om te denken, dat de geluidsintensiteit des te sterker zal afnemen, al naar gelang men zich verder van de geluidsbron verwijdert. Dat het niet zou berusten op interferentie verklaart FREY hierdoor, dat hij geen verandering in zijn waarnemingen kreeg, wanneer hij hoogere tonen, dus tonen van een kortere golflengte gebruikte. Later heeft FREY de verdeeling van de geluidsverbreiding ook nagegaan in het sagitale vlak. Hij schroefde de stemvork in de achterhoofdsknobbel. De geluidsintensiteit neemt dan naar beide zijden en naar voren symmetrisch af, en wel des te sterker naarmate men verder van de mediaanlijn onderzoekt. Naar het voorhoofd toe, wordt de intensiteit grooter. De grootste intensiteit wordt waargenomen $2^1/_2$ c.M. boven de glabella; waar ze nog sterker is dan in de onmiddellijke omgeving van de stemvork. Het vorige verschijnsel blijkt dus ook op te gaan in een richting, waarin de invloed der pyramiden een veel kleinere is, zoodat dus aan de compacta der pyramiden niet die groote invloed kan worden toegeschreven, als bij de eerste opname het geval schijnt te zijn.

Uit dit overzicht over de geschiedenis der beengeleiding blijkt dus, dat aan het aandeel der beengeleiding in het physiologische hooren naar een geluidsbron op afstand, door de meeste onderzoekers geen waarde wordt gehecht.

Slechts een enkele onderzoeker komt door experimenten gesteund, tot de gevolgtrekking dat

deze indirecte beengeleiding wel van belang is bij het normale hooren (MADER). Anderen geven wel toe dat de schedel in staat is om geluidstrillingen van een geluidsbron op afstand op te vangen, maar dan zal de geluidshoeveelheid niet gepercepieerd kunnen worden (BEZOLD [8]).

Dat de schedelbeenderen de geluidstrillingen zeer goed kunnen voortplanten en dat dit niet gelijkmatig gebeurt, is door velen bewezen door middel van de contactbeengeleiding.

De algemeen heerschende meening is, dat de geluidstrillingen van de geluidsbron grootendeels teruggekaatst zullen worden en voor zooverre zij nog opgenomen kunnen worden, zullen zij door interferentie opgeheven worden.

Mijn bedoeling is, om te trachten na te gaan, langs een anderen weg dan tot dusver gevolgd is, of een aandeel van deze indirecte beengeleiding in het physiologische hooren aanwezig is, en of deze beengeleiding in percentage van de normale gehoorscherpte is uit te drukken. Daarvoor is het noodig om verschillende proeven te laten voorafgaan teneinde eenigszins betrouwbare uitkomsten te verkrijgen.

METHODE VAN ONDERZOEK.

Het onderzoek naar den functioneelen toestand van het gehoororgaan heeft tot doel, het vergelijken van een gestoorde met de normale functie. Deze vergelijking kan qualitatief en quantitatief zijn. Als hulpmiddel voor het quantitatieve onderzoek is reeds van ouds in gebruik het horloge. Zooals in het vorige hoofdstuk vermeld is, werd met het horloge de differentiaaldiagnose tusschen zenuwaandoening en aandoening der organen van de luchtgeleiding gesteld. (POLANSKY 1842 [55]) en nog altijd is het horloge voor de menschen het meest geliefde middel om het succes der geneeskundige behandeling na te gaan. Op die manier onderzoeken we evenwel alleen het gehoor voor de tonen, afkomstig van de tik-tak, welke gelegen zijn in de viergestreepte octaaf, schommelende om de 512 trillingen.

De intensiteit varieert niet alleen met den afstand, waarop onderzocht wordt, doch ook met de constructie, het soort metaal, waarvan het vervaardigd is, de grootte, en vooral dient rekening gehouden te worden met de spanning van de veer. Een horloge, dat pas opgewonden is, kan beter gehoord worden dan verschillende uren later. Wil men dus het horloge gebruiken, dan moet men vooreerst de gehoorgrens van

het horloge vaststellen, en bovendien hetzelfde horloge gebruiken, daar verschillende horloges verschillend luid tikken.

Bij personen boven de zestig jaar mogen we uit het onderzoek met het horloge niets concludeeren, voor het hooren naar het gesproken woord. Ook in de kliniek wordt het horloge nog wel gebruikt. Zoo beveelt BING, LUCAE [15] de chronometer aan, welke voor normale ooren tot op een meter hoorbaar is. Er zijn verschillende gehoormeters geconstrueerd, waarvan de practische beteekenis in het algemeen gering is (Gehoorapparaat van POLITZER, klankplaten van MELDE [16]), klankstaven van KÖNIG, monochord van STRUYCKEN).

Naast deze instrumenten is de stemvork het voornaamste acustische apparaat, dat de oorarts voor zijn onderzoekingen gebruikt.

Niet alleen een quantitatief, maar ook een qualitatief onderzoek kunnen we met deze geluidsbron verrichten. Voor het eerste stelde BONNIER voor, een stemvork te nemen van tweehonderd trillingen. Het nadeel daarvan is, dat deze stemvork veel te laag is en buiten de gehoorzone van de spraak ligt, waarvan juist het quantitatieve onderzoek van het meeste belang is.

QUIX [72]) wilde daarom drie stemvorken gebruiken:

a. een lage stemvork, 128 trillingen
b. een middelmatig lage stemvork, 512 trillingen
c. een hooge stemvork, 3072 trillingen.

Voor een qualitatief onderzoek is natuurlijk noodig, dat we de reeks stemvorken uitbreiden, wanneer we een overzicht willen krijgen van de

menschelijke toonladder. Wat de uiterste grenzen van de menschelijke toonladder betreft, zijn de onderzoekers het niet eens. Zoo wordt als bovengrens aangenomen door QUIX en ZWAARDEMAKER 21845 trillingen, door SAVART 24802 trillingen.

Reeds lang geleden heeft KÖNIG aangetoond, dat met het ouder worden, een inkortingsproces plaats heeft voor de bovengrenstonen (krekelgeluid) en evenzoo voor de ondergrens.

Deze inkorting, presbyacusis genaamd, welke reeds in de kinderjaren begint, bedraagt juist een octaaf, zoodat de gehoorzone van 11 op 10 octaven terug gebracht wordt. Voor de laagste tonen kan men stemvorken met loopgewichten gebruiken.

BEZOLD en EDELMANN namen daartoe een groote stemvork van 2.458 gram, waarvan het aantal trillingen, door het verschuiven der loopgewichten, varieert van 16—24. In de kliniek worden voor deze lage tonen nog al eens draadstemvorken gebruikt, terwijl men vanaf de 64 trillingen de gewone stemvorken zonder loopgewichten gebruikt tot en met de viergestreepte octaaf.

Aan de benedengrens bespeurt de normale waarnemer nevens den gehoorsindruk een gevoelsindruk, welke toegeschreven wordt aan het heen en weer flapperen van het geleidend stelsel. Deze gevoelsindruk zou verloren gaan, wanneer dit stelsel van trommelvlies en gehoorbeentjes door een pathologisch proces in de verbindende gewrichtjes is gefixeerd. Boven de c^4 (2048 trillingen) gebruikt men tegenwoordig veelal het fluitje van GALTON, gewijzigd door EDELMANN, een gedekt orgelpijpje,

dat met een caoutchoucballon wordt aangeblazen en door middel van een micrometerschroef langer of korter gemaakt kan worden. Met het inkorten stijgt de toon. Het nadeel van dit fluitje is het nevengeruisch, dat ontstaat door het aanblazen. Dit nadeel vinden we niet bij de klankstaven van KÖNIG, welke door metalen hamers in trilling worden gebracht en een zeer zuiveren onveranderlijken toon produceeren, welke helaas in intensiteit zeer zwak is.

Om nu het onderzoek in te stellen naar de gehoorfunctie van een persoon, kunnen we op twee manieren te werk gaan. Vooreerst een onderzoek met de continueele tonenreeks, volgens BEZOLD (1890). Deze gebruikt daartoe tien stemvorken met loopgewichten en vier zonder loopgewichten en drie gedekte orgelpijpen. Door de invoering van het fluitje van GALTON-EDELMANN strekt de reeks zich uit van 16 tot ongeveer 25.000 trillingen. Zoo zijn met vrij groote nauwkeurigheid nog kleine overgebleven resten van een ernstig beschadigd gehoorzintuig na te gaan „de zoogenaamde gehooreilandjes".

Volgens de tweede „discontinue tonenreeks" (methode van HARTMANN [34]), welke eenvoudiger en praktischer is, verricht men het onderzoek met 6 onbelaste stemvorken C^2-C^1-C-c-c^1-c^2-c^3-c^4, respect. met 16-32-64-128-256-512-1024-2048 trillingen, terwijl de klankstaven van KÖNIG of het fluitje van GALTON-EDELMANN de reeks naar boven sluit.

Voor mijn onderzoek zal ik gebruiken de C-c-c^1-c^2-c^3-c^4 stemvork.

Voor het verkrijgen van zoo nauwkeurig

mogelijke uitkomsten bij nauwlettende proefnemingen, is het een eerste vereischte om de grondbeginselen van de stemvork, hare trillingswijze en de fouten, welke aan dit instrument eigen zijn, te kennen.

Over de physische eigenschappen van de stemvork is, door verschillende onderzoekers van naam, een diepgaande studie gemaakt (CHLADNI[71]), WEBER[35, 16]), HELMHOLTZ). Volgens CHLADNI kan men de stemvork beschouwen, als een in het midden gebogen staaf, zoodanig, dat de beide deelen parallel aan elkaar loopen. De eenvoudigste wijze van trilling, in een aan beide uiteinden vrij trillende staaf, is een zoodanige, waarbij aan de einden en in het midden buiken ontstaan, waartusschen, op gelijke afstanden van uiteinden en midden der staaf, een knoop gelegen is.

Bij het buigen van de staaf zullen de twee knoopen elkaar naderen, en dicht bij elkaar komen te liggen, aan de ombuigingsplaats.

De toon wordt daardoor lager, als bij een gelijk aantal knoopen in een rechte staaf. Dit toonsverschil bedraagt ongeveer een kleine sext. De grondtoon zal aan de stemvork een zoodanige trillende beweging geven, dat beide beenen gelijktijdig naar elkaar toe of van elkaar af bewegen.

Het gedeelte van de staaf, dat de ombuigingsplaats vormt, en gelegen is tusschen de twee knooppunten van den grondtoon, zal de trillende beweging behouden en overbrengen op den, op deze plaats bevestigden, steel van de stemvork. De steel komt daardoor in longitudinale trilling, gelijktijdig met de trillingen der stemvorkbeenen.

Bij de nieuwere stemvorken, zooals KÖNIG ze gebruikte, is de elastische ombuigingsplaats tot een breede, niet elastische, metalen plaat verdikt. Door deze verandering zou de stemvork langer uitklinken en vrijer van boventonen zijn. EDELMANN toonde aan, dat bij deze stemvorken, de steel het dubbele aantal trillingen had van den grondtoon. Op beroet papier zijn deze trillingen direct op te teekenen met behulp van pennetjes, welke aan de stemvorkbeenen en aan den steel zijn bevestigd. Deze octaaftoon duurt even lang als de grondtoon, omdat ze, door den grondtoon in den steel wordt veroorzaakt. Bij sommige stemvorken is deze steeltoon zoo luid, dat deze stemvorken niet voor de contactbeengeleidingsproeven gebruikt kunnen worden. Door middel van de loopgewichten bij de belaste stemvorken zijn deze octaaftonen te voorkomen.

Behalve deze longitudinale trillingen kunnen er in den steel ook transversale trillingen ontstaan (WEBER, EDELMANN). Het optreden van transversale steeltrillingen is het gevolg van afwijkingen in den symetrischen bouw van de stemvork. Deze trillingen zijn dan ook tot een minimum te beperken. Het verkorten van den trillingsduur van een stemvork, wanneer we den steel stevig in de hand nemen, wordt voornamelijk veroorzaakt door het uitdooven van de transversale steeltrillingen, door dit vasthouden.

Het ophangen van een stemvork, aan een met caoutchouc bekleeden haak, door middel van een, aan den steel bevestigden ring, is de eenige methode, om bij verschillende onderzoekingen, dezelfde

stemvork op dezelfde wijze te laten uitklinken. Alleen dan kunnen we de uitkomsten onderling vergelijken en blijft de trillingsduur steeds dezelfde.

Naast den grondtoon van de stemvork, ontstaan in de stemvorkbeenen nog boventonen. Met het toenemen van het aantal boventonen zullen meer dan twee knooppunten ontstaan, o.a. een knooppunt precies in het midden, waar de steel van den stemvork is bevestigd. De eerste boventoon heeft een aantal trillingen, dat, al naar gelang den vorm van de stemvork, varieert van 5,8 tot 6,6 maal het aantal trillingen van den grondtoon. De hoogere boventonen liggen beduidend hooger in de tonenreeks, klinken spoediger uit en zijn daarom practisch van minder belang. Deze hoogere boventonen geven een disharmonisch hoog bijgeluid.

Door het optreden van boventonen naast den grondtoon zullen de stemvorkbeenen zeer gecompliceerde en ieder oogenblik wisselende vormen aannemen. Met de stroboscoop zijn deze trillingsfiguren bestudeerd, 't geen met het oog op de ligging der verschillende knooppunten van belang is. Vooral bij de electrisch gedreven stemvork, waar de amplitudo constant kan worden gehouden, is het fraai waar te nemen, hoe de stemvorkbeenen zich als een slang kronkelen (Quix).

Construeert men nu de trillingsfiguur van een stemvork voor den grondtoon en de laagste boventonen, dan blijkt, dat op een afstand, welke ongeveer op een derde van de lengte van de stemvorkbeenen van de uiteinden af is gelegen, de meeste knooppunten bij elkaar liggen (Helmholtz). Slaan

we op deze plaats de stemvork aan, met een breeden weeken hamer, dan zullen volgens HELMHOLTZ, de boventonen in minimale sterkte optreden. Door dezen aanslag zullen de knooppunten op die plaats niet kunnen ontstaan; daarentegen juist heel goed de grondtoon, welke op deze hoogte een grooten uitslag heeft. Drukken we, direct na den aanslag, op de ombuigingsplaatsen van de stemvorkbeenen, waar de knooppunten van den grondtoon liggen, dan zal het uitklinken van den grondtoon niet belemmerd worden, terwijl dit wel het geval is met de boventonen, welke op deze plaatsen geen knooppunt hebben. De manier van aanslaan is derhalve van veel belang voor het zuivere uitklinken van de stemvork.

Ook de soort hamer, waarmede we aanslaan, is van belang voor het ontstaan van boventonen. Wordt met een harden, scherpzijdigen metalen hamer aangeslagen, zoodat de hamer direct weer terugspringt, dan komt dat punt, dat door den hamer getroffen is, direct in beweging en zijn de andere gedeelten, onmiddellijk na den aanslag, nog in rust. Deze zullen eerst daarna pas, vanuit het eerste punt, in trilling gebracht worden. Is de hamer week, breed en elastisch, dan zal de trillende beweging zich over de stemvorkbeenen uitbreiden, reeds voordat de hamer is teruggesprongen en tijdens de aanraking met den hamer, zal de snelheid geleidelijk toenemen. De discontinuïteit der trillingsbeweging in het eerste geval, wordt door dezen weeken aanslag zeer sterk verminderd, en wel des te meer, hoe weeker de hamer is. Lage stemvorken, waar de boventonen 't meest

naar voren kunnen treden, moeten dan ook aangeslagen worden met een breeden, weeken en elastischen hamer; de hooge stemvorken met een vast, elastischen hamer.

Van veel belang is, de bouw van de stemvork voor het optreden van boventonen en het metaal, waarvan ze is vervaardigd. De dikte der stemvorkbeenen zal het ontstaan van de hoogere bijtonen tegenwerken, omdat moeilijk of in het geheel niet, tegengestelde buigingen kunnen plaats hebben in korte en dikke gedeelten. EDELMANN wist door een zoodanige constructie van de stemvork, dat haarstaaftoon overeenkwam met den eersten boventoon, dezen hinderlijken bijtoon te elimineeren. Dit geldt voornamelijk, wanneer deze stemvorken, klinkende, met den steel worden vastgehouden en niet, als ze opgehangen zijn.

APPUN trachtte hetzelfde te bereiken door het aanbrengen van korte stukjes gummislang over de stemvorkbeenen, op de plaatsen van de trillingsbuiken der boventonen; QUIX door middel van stukjes spiegelglas. Met de stroboscoop bleken de trillingen van de boventonen dan nog wel degelijk door te gaan.

Stemvorken, belast met loopgewichten, zijn volgens vele onderzoekers vrij van storende boventonen. De intensiteit der tonen wordt er belangrijk door verminderd. Deze belaste stemvorken zouden daarom geschikt zijn voor het qualitatieve gehooronderzoek en voor het quantitatieve onderzoek, volgens velen, niet deugen. Volgens QUIX [74]) geven de belaste stemvorken om physische redenen een sterkeren toon door

beengeleiding dan de onbelaste stemvorken en zijn ze, voor het bepalen der beengeleiding wel goed te gebruiken.

Naast de bekendheid, betreffende de aanwezigheid van boventonen bij klinkende stemvorken, bestond reeds lang de practische ervaring bij nauwkeurige gehoorproeven, dat het voornamelijk de lage stemvorken zijn, welke deze storende eigenschap bezitten.

Om twee redenen zijn de boventonen bij de lage stemvorken duidelijker te hooren, dan bij de hoogere stemvorken en zijn ze boven c^4 in het geheel niet waarneembaar. QUIX [75]). De eerste reden is van physiologischen aard en is gelegen in de gevoeligheid van het oor, voor bepaalde toonshoogten, welke door WIEN, ZWAARDEMAKER [82]) en QUIX is nagegaan. Deze vonden, dat er een maximum voor gevoeligheid bestaat en dat dit maximum zich bevindt in de vier gestreepte octaaf. De zone van redelijke gevoeligheid strekt zich uit van c^1 tot g^5, terwijl naar de grenzen der toonladder toe, de gevoeligheid zeer sterk afneemt, ZWAARDEMAKER [80]). Van de lage stemvorken van C—g^1 liggen de voornaamste boventonen juist in het gevoelige gebied van g^1 tot g^5, sommigen zelfs in het vier gestreept octaaf, de „gele vlek" van het hooren. Bij vele lage stemvorken zullen dan ook de bijtonen nog duidelijker waargenomen kunnen worden dan den grondtoon, waarvoor het oor minder gevoelig is. Bij de stemvorken van g^1 tot g^5 kunnen slechts enkele boventonen, en dan nog maar zwak, naar voren treden. Van de stemvorken, welke hooger zijn

dan c^4, kunnen geen boventonen meer gehoord worden, omdat dan de grondtoon zelf in een gevoeliger gedeelte van de gehoorzone ligt, dan de nog hoogere boventonen.

De tweede reden, waarom de boventonen bij de lage stemvorken naar voren treden, vindt haar oorzaak in de interferentie, waaraan de geluidsgolven bij een stemvork zijn blootgesteld; deze tweede physische reden, berust op een intensiteitsafname in de omgeving van de stemvork, veroorzaakt door interferentie. CHLADNY en WEBER bestudeerden deze interferentie voor het eerst bij een klinkende staaf, KIESSLING [71, 81]) voor de stemvork.

Wanneer een staaf, welke aan het eene einde bevestigd is en met het andere einde vrij trilt, op gelijke afstanden beluisterd wordt, dan blijkt de geluidsintensiteit, in het trillingsvlak het grootst te zijn. Hoe meer men het trillingsvlak verlaat, des te zwakker wordt de toon. In het vlak loodrecht op het trillingsvlak is de toon minimaal. Deze intensiteitsverandering is door CHLADNY en WEBER als volgt verklaard. Door een transversaal trillende staaf zullen afwisselend verdichtingen en verdunningen ontstaan en wel naast iedere verdichting aan den eenen kant van de staaf, zal tegelijkertijd een luchtverdunning aan den anderen kant ontstaan, beide in hetzelfde trillingsvlak. Gaat de staaf van uit het evenwichtspunt naar links, dan ontstaat links van de staaf een luchtverdichting en rechts van de staaf een luchtverdunning. Na iedere halve trilling wordt de verdichting een verdunning en omgekeerd. Iedere

verdichting en verdunning zijn zelf weer als trillingsmiddelpunten te beschouwen, van waaruit de trillingen zich bolvormig voortplanten in de omgevende lucht. Het snijvlak van deze bol-oppervlakken, gaat door de as van de staaf en staat loodrecht op het trillingsvlak. In dit vlak zullen de geluidstrillingen van beide kanten elkaar opheffen. Buiten dit vlak neemt de geluidsintensiteit weer toe, en wel des te sterker, al naarmate we het trillingsvlak naderen. Bij de stemvork treden er, door het gelijktijdig trillen van twee staven naast elkaar, twee complicaties op. Vooreerst de reflectie van geluidsgolven tegen de binnenzijden der beenen en vervolgens zal de in trilling gekomen lucht om het eene been, ook beïnvloed worden door de trillingen, welke uitgaan van het andere been. De interferentie-vlakken zijn om deze redenen niet vlak, zooals bij de enkele staaf, maar volgens KIESSLING gekromd, als hyperbolische cylindervlakken.

Schuiven we een stuk carton tusschen de trillende stemvorkbeenen, dan worden de factoren voor het ontstaan van gekromde interferentie-vlakken opgeheven en zijn deze vlakken weer vlak en loodrecht gericht op de trillingsrichting der stemvorkbeenen (QUIX.) Uit het voorafgaande volgt dus, dat door de interferentie geluids-trillingen elkaar opheffen. De interferentie zal grooter zijn, wanneer de stemvorkbeenen dunner zijn en de golflengten langer zijn.

Bij unisone stemvorken zal de toon derhalve luider zijn, als de stemvorkbeenen dikker zijn. Bij stemvorken van dezelfde dikte is de toon

luider, hoe kleiner de golflengte is, dus hoe hooger de toon is.

Bij de lagere stemvorken spelen de boventonen dus een belangrijke rol ten opzichte van den grondtoon, ten eerste, omdat de boventonen in de gele vlek van de gehoorzone vallen en de grondtoon er buiten en ten tweede, omdat de interferentie bij de hoogere boventonen geringer is. Stijgen we in de tonenreeks, dan werken deze physiologische en physische verschijnselen elkaar tegen. De grondtonen van g^1 tot g^5 hebben een physiologisch sterkere intensiteit en worden daarom bijna zuiver gehoord, niettegenstaande de nog hoogere boventonen, door de geringere interferentie, een grootere physische intensiteit hebben.

Behalve deze twee interferentievlakken van KIESSLING, zijn er nog andere, welke behooren bij de boventonen, en welke gaan door de knooppunten van de boventonen, loodrecht op de as der stemvorkbeenen. Omdat de uitslagen aan de uiteinden der stemvorkbeenen grooter zijn, dan bij den steel van de stemvork, zullen ook deze interferentievlakken gecompliceerde krommingen, naar den steel toe, hebben. Met behulp van een slang over een buisje met capillaire opening zijn de interferentievlakken, door auscultatie, op te sporen.

Voor het gebruik van de stemvork bij nauwkeurige gehoorproeven, is van belang te weten, dat de grondtoon het sterkst is aan de buitenzijden der stemvorkbeenen, op een afstand van een tot drie centimeter van het einde der beenen.

Naar den stemvorksteel toe, neemt de grondtoon in sterkte af, en eveneens buiten het vlak der stemvorkbeenen.

De stemvork moet dus zoodanig opgesteld zijn, dat het vlak, dat we door beide uitwendige gehoorgangen denken, samenvalt met het vlak van de stemvork, en dat, de uitwendige gehoorgang, welke naar de stemvork is toegekeerd, op een hoogte komt, van een derde van de lengte van de stemvorkbeenen van de uiteinden af. We zijn dan zoover mogelijk buiten het interferentievlak van KIESSLING en in het interferentievlak van de boventonen.

De grondtoon van de stemvork klinkt dan niet alleen luid, maar is ook dan het zuiverst.

De interferentie is niet alleen de oorzaak van de veel grootere intensiteit, welke een hooge stemvork bezit in vergelijking tot een lage stemvork, maar ook zal door de geringe interferentie bij hooge stemvorken, de afstand waarop deze gehoord kunnen worden, veel grooter zijn dan voor lage stemvorken.

Zoowel door de kleine golflengte, als door de grootere dikte van de stemvorkbeenen is de interferentie bij deze hooge tonen gering. Door de grootere dikte der stemvorkbeenen, zal bovendien meer lucht in trilling geraken, 't geen eveneens de intensiteit verhoogt.

Vele lage stemvorken kunnen maar op eenige centimeters afstand gehoord worden, de hoogere op honderden meters. Lage stemvorken zijn dan ook het meest geschikt om ieder oor afzonderlijk te onderzoeken, zonder dat het andere oor door

luchtgeleiding meehoort. Door interferentie zijn de geluidstrillingen in de nabijheid van het andere oor zeker opgeheven.

De hoogere stemvorken hebben dit voordeel niet. Ware de intensiteit van de lage tonen grooter, zooals bij andere geluidsbronnen als orgelpijpen, klokken, dan zou het andere oor wel degelijk meehooren door lucht- en beengeleiding. Een ander voordeel van de lage stemvorken is, dat we de geluidsintensiteit gemakkelijker kunnen nagaan, omdat de amplitudo der trillende beenen beter is af te lezen, dan bij hooge stemvorken. Op deze berekening der geluidsintensiteit komen we later terug. Uit dit hoofdstuk is gebleken, dat we alleen door het nemen van verschillende voorzorgsmaatregelen, de stemvork als geluids-bron voor gehoorproeven kunnen gebruiken. Dan nog blijven echter vele gebreken over, welke aan de stemvork eigen zijn en moeilijk zijn te ondervangen, o.a. het intensiteitsverschil tusschen hooge en lage stemvorken, de lange uitklinkings-tijd bij lage en de korte uitklinkingstijd bij hooge stemvorken.

Quix heeft door vergelijking, deze uiteen-loopende eigenschappen duidelijk naar voren gebracht en aan de hand daarvan getracht, om een nieuw systeem stemvorken te construeeren, welke geschikt zijn voor het verrichten van nauw-keurige gehoorproeven. Dit systeem stemvorken is door mij gebruikt en dient even te worden besproken.

Hiermede zijn we het moeilijkste punt in de geluidsleer genaderd, namelijk het bepalen van

de gehoorscherpte met een nauwkeurig bepaalde hoeveelheid geluidsenergie, welke willekeurig vermeerderd of verminderd kan worden. De oogarts verkeert in dit opzicht in veel gemakkelijker omstandigheden; hij kan de optotypen van SNELLEN van verschillende grootte nemen en het niet te onderzoeken oog laten sluiten. De grootte van de geluidsintensiteit van een stemvork hangt van veel factoren af en bovendien kan het andere oor door eenvoudig dichtdrukken niet buiten functie gesteld worden, als de geluidsenergie boven een bepaalde hoogte komt. Het meten van de gehoorscherpte is dus aan grenzen gebonden, zoowel door den toestand van het andere oor, als door de physische eigenschappen der stemvork. De stemvorken laten een willekeurige keuze der intensiteit niet toe, zooals dit het geval is met de grootte der letters in de oogheelkunde. De intensiteitsscala is bij de lage stemvorken te klein en bij de hooge stemvorken veel te groot, terwijl voor de middenoctaven de stemvorken juist geschikt zijn. Een andere complicatie ligt in de snelheid waarmede de geluidsintensiteit afneemt. Bij de bepaling van den visus kan men den duur van een prikkel willekeurig kiezen en constant houden. De geluidsprikkel, welke rechtevenredig is met de geluidsintensiteit, wordt van seconde tot seconde kleiner en dan nog op onregelmatige wijze. Het beste is dit te vergelijken met den optischen indruk dien men krijgt, als men in een trein gezeten, langs groote reclameschuttingen rijdt. Bij een bepaalde grootte der letters en bij een bepaalde snelheid van den

trein, kan men de gezichtsscherpte uitdrukken in den afstand, waarop men de letters nog juist even zien kan en in den tijdsduur, waarin deze afstand afgelegd wordt. Quix gaat in zijn vergelijkingen met den visus nog verder, om de moeilijkheden en fouten bij de gehoormeting begrijpelijker te maken. Hij gaat daarbij van de veronderstelling uit, dat de persoon op dezelfde plaats blijft en dat de letters van zijn oogen verwijderd worden in zijne blikrichting. De meting der gehoorscherpte in amplituden der stemvorkbeenen is in deze vergelijking analoog met de bepaling van den afstand tusschen oog en letters; de gehoortijd der klinkende stemvork is analoog met den tijdsduur, waarin de afstand doorloopen wordt. In deze vergelijking heeft iedere stemvork haar eigen lettergrootte en haar eigen snelheid, waarmede deze van het oog verwijderd wordt. Deze snelheid is voor iedere stemvork verschillend en onregelmatig. Lage stemvorken klinken zeer zwak en zijn lang hoorbaar. De letter is dus klein en de snelheid waarmede ze verwijderd wordt eveneens. Hooge stemvorken klinken intensief en klinken snel uit; de letter en de snelheid zijn hier beide groot. Wat het uitklinken betreft, neemt de snelheid in het begin toe, blijft dan tijdelijk constant en wordt aan het einde weer grooter. Quix vergelijkt bovendien nog de toonhoogten der stemvorken met de kleuren der letters. De lage tonen tot ongeveer c^1 zijn rood, welke kleur door de aanwezigheid der boventonen met andere kleuren gemengd is, de middelhooge tonen zijn geel en bijna volkomen

zuiver, de hooge tonen zijn groen en geheel zuiver. Uit deze vergelijkingen volgt dus:

Lage tonen: kleine letters, 100 maal normale grootte, roode kleur, uitklinking 3—5 minuten.

Middelhooge tonen: groote letters, 1000 maal normale grootte, gele kleur, uitklinking 6—100 seconden.

Hooge tonen: buitengewone groote letters, millioenen maal normale grootte, groene kleur, uitklinking 10—20 seconden.

Deze vergelijking brengt de volgende fouten naar voren:

De lage stemvorken zijn niet zuiver, klinken te zwak en te lang. De hooge stemvorken zijn zuiver, maar veel te sterk en klinken te kort. De middelhooge stemvorken zijn de meest geschikte. Het is dus noodig om te krijgen zuiverheid der tonen, een overeenkomende en voldoende groote intensiteitsscala en een overeenstemmende en voldoende lange uitklinkingstijd, waarin de intensiteit zooveel mogelijk gelijkmatig afneemt. Om physiologische en physische redenen zijn deze voorwaarden slechts ten deele te vervullen. De intensiteit der lage stemvorken kunnen we vergrooten door de stemvorkbeenen dikker en breeder te maken. Door de grootere breedte der stemvorkbeenen wordt meer lucht in trilling gebracht en is tevens de interferentie geringer. De te lange uitklinkingstijd kunnen we verkorten, door de demping te vergrooten. De boventonen kunnen voor een belangrijk deel worden onderdrukt door op de juiste plaats en met den juisten hamer aan te slaan, door eene

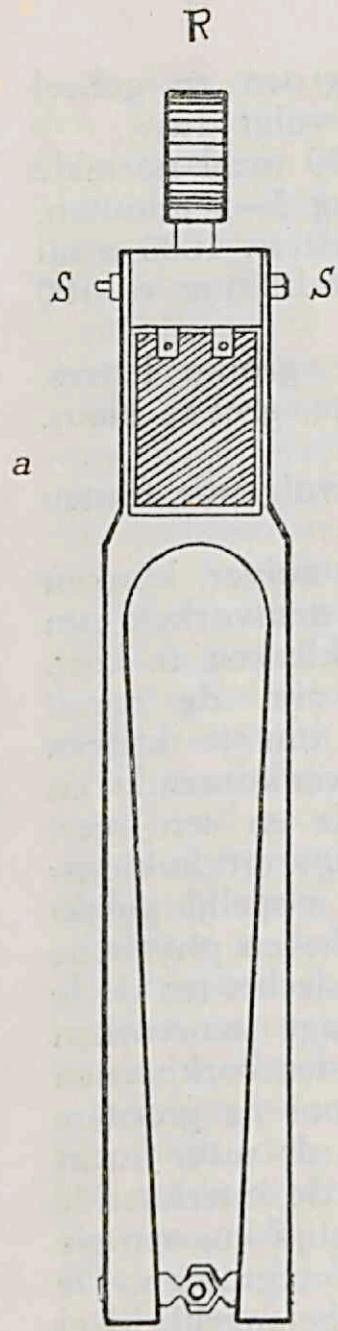

Fig 1

juiste opstelling van de stemvork ten opzichte van den waarnemer, zooals boven is beschreven, en door verandering van den steel, zooals in figuur I is afgebeeld.

Bij de hooge stemvorken kunnen we den trillingstijd verlengen door den steel weg te laten en de stemvork hangend uit te laten klinken. De aanvangsintensiteit met betrekking tot het oor en den prikkeldrempel wordt verminderd en de amplitudo afleesbaar, wanneer we de stemvork op eenigen afstand van het oor laten uitklinken. In figuur I is een model afgebeeld van een lage stemvork, welke in bouw afwijkt van de meest gebruikte. De wijzigingen zijn, na deze nadere uiteenzetting over de eigenschappen der stemvork, gemakkelijk te begrijpen.

C (128 tr.)

Bij deze stemvork zijn de beenen prismatisch gekozen, zooals reeds BONNIER aangaf. Het voordeel hiervan is, dat zich zoo minder boventonen vormen en dat de amplitudo der beenuiteinden bij trillen grooter is, zoodat we deze gedurende den geheelen trillings-

tijd kunnen aflezen. Nu geven deze stemvorken een veel te langen trillingstijd. Dit nadeel is hier zooveel mogelijk opgeheven, door inplaats van den steel, twee ijzeren zijstukken *a* in de knooppunten van de stemvork te bevestigen. Deze zijstukken zijn door een schroef *S S* verbonden, waaraan eene ebonieten plaat vastzit, welke met de zijstukken in geen contact staat. Midden in de schroef *S S* is een ring R bevestigd, waarmede de stemvork aan den vinger of een statief opgehangen kan worden. De trillingstijd kan door verandering der dikte en lengte der zijstukken willekeurig geregeld worden binnen betrekkelijk ruime grenzen.

Quix koos een demping, waarbij in 80—120 seconden een amplitudoscala van 1000″—1″ doorloopen wordt. De zijstukken beletten tevens, dat de boventonen een belangrijke rol spelen. Geheel onderdrukt kunnen ze hierdoor echter niet worden. De bouw van deze stemvork geldt voor de stemvorken, *C* en *c*.

Voor de toonshoogte c^1—c^3 kan men eigenlijk verschillende stemvorken gebruiken, welke een gewenschten trillingstijd en amplitudo hebben. Quix neemt hiervoor de stemvork van Weissbach. Om den trillingstijd te verlengen, is bij deze hoogere stemvorken de steel geheel verwijderd. Op de plaats van den steel is een koper vierkant raam aangebracht. Aan den bovenkant is, in het het midden, de ring bevestigd voor het ophangen der stemvork, terwijl in het raam, op dezelfde manier als bij de vorige stemvork, een zilveren plaat is aangebracht. De ring en het vierkant

trillen niet noemenswaardig mee; en de zilveren plaat in het geheel niet.

Als hamer gebruiken we een veerenden ijzeren steel met daaraan bevestigd een met lood bezwaarden kop, waarin op de eene aanslagplaats een stuk caoutchouc en op de andere een stuk ebbenhout is bevestigd. Den weeken aanslag gebruiken we voor de lage, den harden aanslag voor de hooge tonen.

Voor de stemvorken c^3 tot c^4 is het niet mogelijk om een model te construeeren, waarmede we in staat zijn om de gehoorscherpte op dezelfde manier, namelijk door aflezen van de amplitudo, te bepalen, als voor lagere stemvorken. Het is een eigenschap der hooge stemvorken om intensitief te klinken en snel uit te klinken met een amplitudo, welke met onze hulpmiddelen niet te meten is. Toch zullen we ons er mee moeten behelpen, daar de andere hooge geluidsbronnen een quantitief gehooronderzoek moeilijk toelaten. Aan het bezwaar van de groote intensiteit kunnen we in zooverre tegemoetkomen, door ons onderzoek op eenige meters van het te onderzoeken oor te verrichten. Voor de c^3 en c^4 heb ik een afstand genomen van een meter. Voor de c^3 is een stemvork gebruikt, welke in vorm overeenkomt met c^1. Op een afstand van een meter is deze toon nog ongeveer een halve minuut voor normale ooren te hooren, na den minimalen uitslag van 1μ, welke nog juist even is af te lezen. Wij zijn derhalve genoodzaakt om van af een bepaalde amplitudo, welke gemakkelijk is af te lezen, b.v. 10μ, den gehoortijd in seconden te bepalen, ge-

durende welken de toon nog waargenomen kan worden. Voor de nog hoogere tonen als c^4 is de amplitudo in het geheel niet meer te gebruiken voor het bepalen van de gehoorscherpte. Bij deze tonen zijn we uitsluitend op den gehoortijd aangewezen. Voor de stemvork nemen we een stemvork met een vasten aanslag, met een veerenden hamer, welke een gewijzigden vorm is van die van LUCAE. De maximale aanslag van deze stemvork is niet grooter dan 100.000 maal den normalen prikkeldrempel. Met het oog op de wijziging der elasticiteit van de veer, moet deze stemvork van tijd tot tijd opnieuw geijkt worden, volgens een methode, zooals in het volgende hoofdstuk is aangegeven met een constante plaatsing van den hamersteel in de cremaillière. Tevens zal dan vermeld worden, op welke wijze de gehoorscherpte voor deze stemvork kan worden bepaald.

BEPALING VAN DE GEHOORSCHERPTE MET BEHULP VAN DE STEMVORK

CONTA [70]) was de eerste, die een methode aangaf om met de stemvork de gehoorscherpte te bepalen. Hij nam den gehoorduur van een klinkende stemvork als maatstaf voor de geluidsintensiteit. Ook HARTMANN [34]) bepaalde den trillingstijd van een stemvork voor het zieke oor en vergeleek deze met den trillingstijd voor een normaal oor. Het quotient van deze trillingstijden vermenigvuldigd met honderd was het percentage overgebleven gehoorscherpte van den patient. JACOBSON bestreed hem hierin, omdat vooreerst de aanslag niet constant was gekozen en ten tweede, omdat de geluidsterkte niet gelijkmatig afneemt met den trillingstijd. OSTMANN [51, 52]) volgde dezelfde methode. Hij ging daarbij uit van een bepaalde en constante aanvangsintensiteit, door, met een daarvoor vervaardigd instrument, de stemvorkbeenen een bepaalden graad uiteen te doen wijken en deze spanning dan plotseling op te heffen. Overigens liepen de methoden van aanslag zeer uiteen bij de verschillende onderzoekers; sommigen verrichtten den aanslag tegen de handpalm, anderen tegen de tafel of met een stuk hout.

Later is men meer en meer tot de overtuiging gekomen, dat men uit den trillingstijd geen

conclusies mag trekken voor de gehoorscherpte van het zieke oor. Daarvoor is in de eerste plaats noodig, dat we de intensiteit van het geluid van een stemvork kennen op iedere seconde van den trillingstijd. De intensiteitscurve is voor iedere stemvork verschillend. Het belangrijkste middel om de intensiteitscurve te bepalen, is het vaststellen van de amplitudo op ieder oogenblik van den trillingstijd.

Langs verschillende wegen heeft men getracht om de uitslagen der stemvorkbeenen te meten. BARTH [4, 3]) bevestigde een bolletje kwik op een der stemvorkbeenen, waarop een lichtstraal werd gericht. HELMHOLTZ [35]) bereikte hetzelfde met een meelkorreltje. BEZOLD [7]) teekende de uitslagen op een beroet stuk papier, door middel van een pen, welke hij aan een stemvorkbeen vastmaakte. GRADENIGO [16]) voerde zijn bekende driehoekje in, dat door STRUYKEN voor hooge stemvorken geschikt is gemaakt.

Uit verschillende onderzoekingen is gebleken, dat, wanneer de stemvork, als elastisch lichaam trilt, in een weerstand biedend medium, de amplituden kleiner worden in een geometrische reeks, tegenover de arithmetrische reeks van den trillingstijd. Nemen we de logarithme van de amplitudo op een bepaalde seconde, en trekken we van dit getal af de logarithme van de amplitudo op een volgende seconde, dan zouden deze verschillen constant zijn. Niet volgens alle onderzoekers is dit, zoogenaamde logarithmische decrement constant. Voor ons is dit evenwel van geen belang, wanneer we, de amplituden op de verschillende seconden, goed kunnen aflezen.

Om de gehoorscherpte van een oor te kunnen bepalen, moeten we de verhouding weten van de geluidsintensiteit tot de amplitudo. Volgens VIERORDT [70, 82]) is de geluidsintensiteit recht evenredig met de tweede macht van de amplitudo, volgens STEFANINI recht evenredig met de amplitudo. AUERBACH, ZWAARDEMAKER en QUIX toonden aan, dat de geluidsintensiteit evenredig is met de amplitudo tot een exponent, welke ligt tusschen een en twee. Uit nauwkeurige proefnemingen van ZWAARDEMAKER en QUIX bleek deze exponent 1.2 te zijn. Wat de reden hiervan is, is niet bekend. Men mag uit de beweging van een geluidgevend lichaam niets besluiten voor die der lucht; volgens WEAD zet zich een gedeelte der geluidsenergie in warmte om.

Ook met de verhouding van de geluidsintensiteit tot de afstanden, waarop de waarnemer geplaatst is, dienen we rekening te houden, omdat we voor de hooge stemvorken niets hebben aan de amplitudo, daar deze te klein is, om afgelezen te kunnen worden.

De algemeen geldende wet is, dat de geluidsintensiteit omgekeerd evenredig is, met de tweede macht van den afstand ([1, 39, 35]).

WIEN zegt, dat deze quadratenwet niet geldt voor groote afstanden. Het geluid neemt dan sterker af door de wrijving met den grond. SCHAEFFER werkt met geruischen, om resonnantie uit te sluiten en vindt, dat op kleine afstanden de intensiteit wat langzamer en op groote afstanden wat sneller afneemt. HESEHUS gebruikte klokjes en vond, dat op 2 Meter afstand de

geluidsafname evenredig is met de enkele macht van den afstand. STEFANINI neemt evenredigheid aan, omgekeerd met de tweede macht van den afstand. Voor onze proeven is een geluidsintensiteit gekozen, welke recht evenredig is met de 1.2 macht van de amplitudo en omgekeerd evenredig met de 2e macht van den afstand.

De andere moeilijkheid, waarvoor we staan bij het bepalen der gehoorscherpte, is het kiezen van een intensiteitsscala. De oogarts neemt als grenzen visus 1 en visus $^1/_{300}$. De ervaring leert evenwel, dat in de oorheelkunde een scala van 1—300 practisch te beperkt is. Hardhoorenden, welke de prikkel 300 niet meer kunnen waarnemen, kunnen de spraak nog verstaan en zijn dus practisch niet als doof te beschouwen. De vraag, welke zich nu voordoet is: „Beneden welke grens is een oor practisch als doof te beschouwen?"

Aangezien in keuringsreglementen de fluisterspraak als maatstaf wordt beschouwd, beneden welke de mensch niet meer wordt beschouwd als geschikt te zijn voor bijna alle bedrijven, heeft QUIX als practisch doof beschouwd, diegene die de fluisterspraak niet meer kunnen waarnemen. Het is dan niet noodig om de gehoorscherpte uit te drukken in millioenste deelen van het normale. Nog met een anderen factor dient rekening gehouden te worden bij de keuze van een intensiteitsscala. Namelijk zal de aanwezigheid van het andere oor een niet te elimineeren aandeel in de gehoorsfunctie krijgen, vooral bij wat sterke geluidsintensiteiten. Het is bekend, dat, als de geluidsintensiteit boven een

bepaalde grens komt, het andere oor meehoort. Is het te onderzoeken oor doof en het andere normaal, dan wordt de ondergrens van het zoo-genaamde spiegelbeeld, zooals dit in het vorige hoofdstuk beschreven is, door BEZOLD aangenomen bij c^1. Geven we de Edelmannsche c^1 stemvork den grootst mogelijken aanslag, dan is de amplitudo 2 à 3000 maal de grootte van de amplitudo bij den prikkeldrempel, terwijl bij een geluidssterkte van 1000 × de amplitudo van den prikkeldrempel, het andere oor meehoort. Dit is de reden, dat QUIX de amplitudotabel niet grooter neemt dan 1—1000. Is nu de geluidsprikkel recht evenredig met de 1.2^e macht van de amplitudo, dan bedraagt de intensiteitsscala 1—3981. De amplitudo wordt gemeten met het driehoekje van GRADENIGO. Door STRUYCKEN is dit figuurtje voor microscopisch afleesbare amplituden toegepast. Driehoekje met loupe bevinden zich tusschen de stemvorkbeenen, waardoor ze tevens tegen beschadiging zijn beschermd. Het driehoekje is aan het eene been, de loupe aan het andere been bevestigd. QUIX heeft het figuurtje van STRUYCKEN veranderd, omdat we daarmede slechts amplituden van 200—1 kunnen aflezen.

Figuur II geeft het driehoekje van QUIX vergroot weer, waarmede we van 1400—1 μ kunnen aflezen. De basis van het driehoekje $a - b = 1000\ \mu$ en de basis $c - d$ 1400 μ. De lijn $c - d$ is zwart genomen, om zoodoende gemakkelijker in het microscopische beeld op te vallen. Bij iedere deelstreep is verder de grootte van de basis in cijfers af te lezen. Wanneer de amplitudo 100 μ geworden is,

beginnen de naar beneden gerichte driehoekjes elkaar te kruisen, welke vanaf 90 μ zwart zijn gemaakt. Is de amplitudo 10 μ geworden, dan kunnen we met behulp van de twee kleine drie-

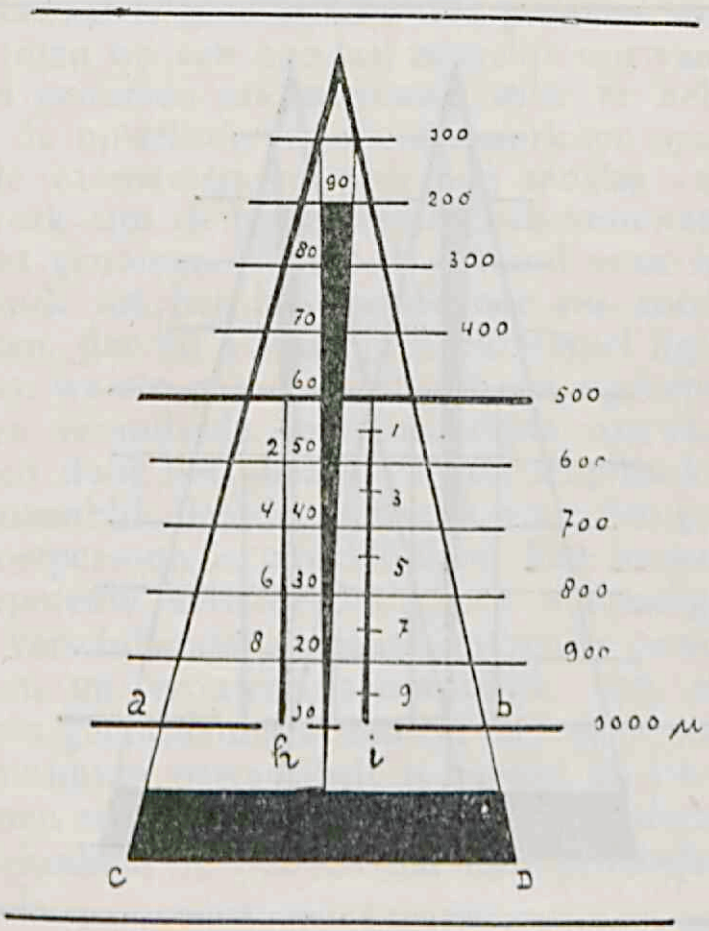

Fig 2

hoekjes, welke de basis bij *h* en *i* hebben en de toppen in de deelstreep van 500 μ, de amplituden aflezen van 10—1 μ.

Figuur III geeft ons het beeld, zooals dit er

uitziet bij de trillende stemvorken, welke in dezen een uitslag heeft van 500 μ. Het aflezen van 2 μ tot 1 μ vereischt eenige oefening, en is dan met goede belichting zeer goed mogelijk.

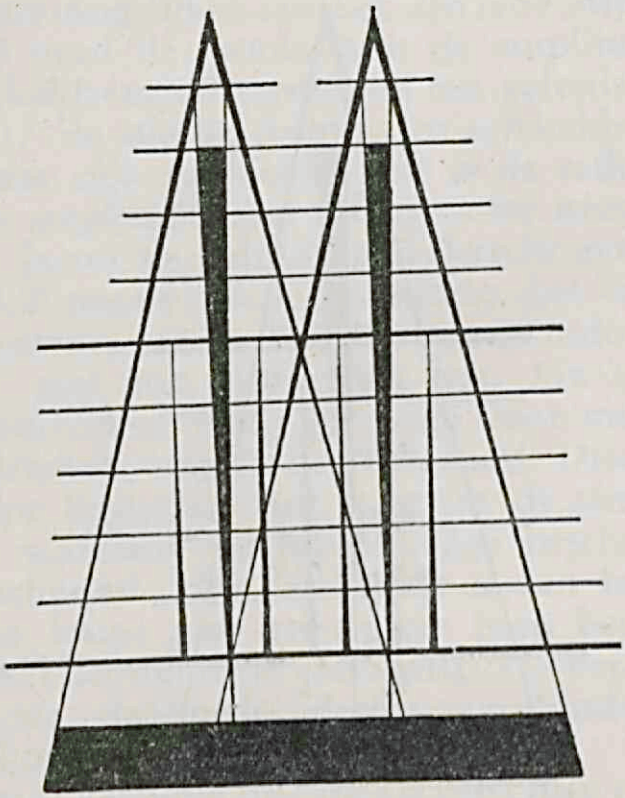

Fig. 3

De stemvorken voor mijn proefnemingen werden opgehangen aan een statief, over een met caoutchouc overtrokken haak. Het statief was geplaatst op een dik, eenige malen dubbel ge-

vouwen kleed, om resonnantie te voorkomen. Het aflezen wordt gemakkelijk gemaakt met een electrische lamp. Het vertrek in het ziekenhuis waar de proeven genomen zijn, is practisch stil te noemen ([56]). Van hinderlijke geruischen en straatlawaai is geen sprake. De proeven werden bovendien op een zoo laat mogelijk uur van den avond genomen om maximale stilte te hebben. Voor de opstelling van de stemvork ten opzichte van de waarnemers en voor den aanslag van de stemvork zijn de boven beschreven voorwaarden in acht genomen. Wordt de afstand voor iedere stemvork tot het luisterende oor nu zoodanig gekozen, dat bij 1 μ de prikkeldrempel ligt, dan kunnen we een pathologische of een, op bepaalde manier veranderde, gehoorscherpte nauwkeurig bepalen door het aflezen van de amplitudo, op het oogenblik dat de stemvork voor den patient of proefpersoon is uitgeklonken. Een herhaaldelijk opnieuw verricht onderzoek is noodig, om voor verschillende, normaal hoorende personen, mannen en vrouwen afzonderlijk, een standvastigen, gemiddelden afstand te verkrijgen, waarop het minimum perceptibele is bereikt bij 1 μ. Alle personen zijn van te voren otologisch onderzocht, om zekerheid te hebben dat hun gehoorfunctie intact is.

De minimum amplitudo a_n voor een normaal oor, op deze manier verkregen, bedraagt 1 μ. Verminderen we de gehoorscherpte van een persoon, b.v. door het dichthouden van beide ooren, waardoor de amplitudo a_p wordt, dan is de vermindering in gehoorscherpte in procenten

van de normale gehoorscherpte uit te drukken. Nemen we aan, dat de geluidsintensiteit rechtevenredig is met de 1.2 macht van de amplitudo, dan bedraagt de geluidsintensiteit in dit geval:

$$\left(\frac{a_p}{a_n}\right)^{1.2} = \left(\frac{a_p}{1}\right)^{1.2}$$

Stellen we de normale gehoorscherpte 100, dan is van de gehoorfunctie over $\frac{100}{a_p^{1.2}}$ %.

Voor de hooge stemvorken is de amplitudo te klein, om afgelezen te kunnen worden, en moeten we langs een anderen weg de gehoorscherpte bepalen. Zooals boven reeds beschreven is, is voor c_3 met behulp van een chronometer den gehoorduur bepaald, vanaf het oogenblik, dat de amplitudo 10 μ is geworden. Voor c_4 wordt de gehoorduur bepaald vanaf de maximale amplitudo met den gewijzigden hamer van LUCAE.

SCHMIEGELOW en FORCHHAMMER [60, 61]) hebben een methode aangegeven om voor deze hooge stemvorken een intensiteitscurve te maken.

Stel de hoeveelheid geluid, die de stemvork uitzendt op de t^{de} seconde na een vasten aanslag q_t en de hoeveelheid geluid, die de stemvork uitzendt op de t_1^{de} seconde na denzelfden vasten aanslag q_{t1}. Nemen we den afstand, waarop de stemvork voor het oor t seconden gehoord wordt d en den afstand, waarop de stemvork t_1 seconden gehoord wordt d_1. De hoeveelheid geluid, welke door een stemvork uitgezonden wordt, bevindt zich na t seconden op een boloppervlak, waarvan de oppervlakte is $4\pi d^2$ en na t_1 seconden op

een boloppervlak, waarvan de oppervlakte is $4 \pi d_1^2$. Van de hoeveelheid geluid op het bol-oppervlak bereikt slechts een klein deel ons trommelvlies, overeenkomstig de doorsnede van de uitwendige gehoorgang. Noemen we deze laatste O.

De hoeveelheid geluid, die ons oor binnendringt op de t^{de} seconde bedraagt dan

$$\frac{4\pi d^2}{O} \times q_t \quad \text{en op de } t_1^{de} \text{ seconde,}$$

$$\frac{4\pi d_1^2}{O} \times q_{t1}$$

Zijn deze geluidshoeveelheden tevens de minima perceptibele op de afstanden d en d^1, dan volgt hieruit dat:

$$\frac{4\pi d^2}{O} \times q_t = \frac{4\pi d_1^2}{O} \times q_{t1}$$

of

$$d^2 \times q_t = d_1^2 \times q_{t1}$$

dus

$$q_t : q_{t1} = d_1^2 : d^2 = \frac{1}{d^2} : \frac{1}{d_1^2}$$

Hieruit blijkt, dat de hoeveelheid geluid, die een stemvork uitzendt op een bepaalden tijd na een vasten aanslag, m. a. w. de geluidsintensiteit der stemvork op een bepaald seconde, na een vasten aanslag zich verhoudt tot de geluids-intensiteit op een andere seconde, omgekeerd evenredig met de 2^e macht der afstanden, waarop de stemvork juist dit aantal seconden door het-zelfde oor gehoord wordt.

Voor het bepalen van de intensiteitscurve van de stemvorken c_3 en c_4 is derhalve noodig het

bepalen van den gehoorduur in seconden door personen met een normale gehoorfunctie. De stemvorken moeten daarvoor een constante aanvangsamplitudo hebben en op verschillende afstanden van de waarnemers gehouden worden. De proeven werden 's avonds op een uitgestrekt open terrein, ver buiten het stadsrumoer, genomen. Een uitgestrekte weide, waar een halven kilometer in de lengte en in de breedte geen boomen of huizen storend kunnen werken, leende zich uitstekend voor dit doel. Alleen bij nagenoeg absolute windstilte werden de gehoorproeven genomen. Het terrein was volkomen vlak, zoodat de afstanden gemakkelijk en nauwkeurig gemeten konden worden. De afstanden waren berekend van den tragus tot het vlak van het stemvorkbeen, dat naar het oor is gericht, op een hoogte van een derde van de lengte van de stemvorkbeenen van het uiteinde af, er voor zorg dragende, dat het vlak van de stemvork samenviel met het vlak, dat loodrecht door de beide uitwendige gehoorgangen gedacht kon worden. De stemvorken waren aan een statief opgehangen, zoodat de trillingsduur van de stemvork niet afhankelijk was van de wijze van vasthouden. De waarnemer verplaatste zich op steeds grooteren afstand van de stemvork, te beginnen met 2,5 c.M.

Het aantal seconden werd opgenomen met een aftikhorloge. Op 't oogenblik, dat de waarnemer den toon hoorde, drukte hij voor de eerste maal af en op het oogenblik, dat de toon voor hem verdwenen was, voor de tweede maal. Dit laatste moment nauwkeurig aan te geven, is buitengewoon

moeilijk. Toch bleken de verschillende uitkomsten, bij herhaling op denzelfden afstand, nagenoeg overeen te komen. Voor iederen afstand werd het gemiddelde genomen van vijf opnamen. Met de noodige rustpauzen, om vermoeidheid, vooral van het gehoororgaan, te voorkomen, werden de proeven voor een stemvork op denzelfden avond afgehandeld en later met andere personen gecontroleerd. Voor de c_3 kan alleen hij, die de stemvork aanslaat, den gehoorduur opnemen, wanneer de waarnemer hem het sein geeft, dat de stemvork voor hem is uitgeklonken. Dit komt, omdat direct na den aanslag, de uitslagen van de stemvork moeten worden gevolgd tot de amplitudo van 10 μ is bereikt, waarop het horloge moet worden afgedrukt. Voor de c_4 met zijn constanten aanslag, kan de waarnemer dit zelf doen, 't geen de moeilijkheid voorkomt, van het juiste aangeven van het einde van den gehoortijd op een grooten afstand, zooals dit voor c_4 noodzakelijk is.

Voor beide stemvorken is de beginafstand 2,5 c.M. De grootste afstand, waarop de c_3 nog juist een seconde gehoord kon worden is 18 Meter en voor c_4 450 Meter.

In de kamer waren de afstanden voor alle proeven op 1 Meter gehouden. Men hoorde de c_3 dan gemiddeld 32 seconden na de aanvangs-amplitudo van 10 μ. In het open veld bleek de gehoorduur voor c_3 even lang tezijn. Wordt nu bij een proef de c_3 op 1 Meter afstand 26 seconden gehoord, in plaats van 32 seconden, dan is met behulp van de hieronder gegeven tabel voor c_3

de overgebleven gehoorscherpte te bepalen. Uit deze tabel blijkt, dat de stemvork op een afstand van 140 c.M. 26 seconden wordt gehoord. De geluidsintensiteit is dan $\left(\frac{140}{100}\right)^2$ maal grooter, de geluidsprikkel eveneens. De gehoorscherpte, welke omgekeerd evenredig is met den geluidsprikkel bedraagt, als we de normale gehoorscherpte 100 stellen,

$$100 \times \left(\frac{100}{140}\right)^2 = 52{,}02\ \%.$$

In de onderstaande tabellen staan vermeld de afstanden, waarop, voor de stemvorken C—c^2, het minimum perceptibele ligt, bij een amplitudo van 1 μ. In de tabellen voor c^3 en c^4 staan de afstanden met de bijbehoorende gehoortijden in seconden, zooals deze in het open veld zijn gevonden.

REEKS I.

Afstanden, waarop voor de stemvorken, het minimum perceptibele bij 1 μ ligt.

C (64 tr.)

mannen	Dr. de H.	afstand	3.5	c.M.
	Dr. M.	„	3.5	„
	B.	„	3	„
	v. Es	„	3.5	„
		gemiddeld	3.37	„
vrouwen	Dr. H.	afstand	4.5	„
	Zr. R.	„	4	„
	Zr. W.	„	3	„
	Zr. H.	„	3.5	„
		gemiddeld	3.75	„

	c (128 tr.)			
mannen	Dr. Br.	afstand	5.5	c.M.
	Dr. de H.	„	5	„
	B.	„	5.5	„
	v. Es	„	6	„
		gemiddeld	5.5	„
vrouwen	Dr. H.	afstand	6.5	„
	Zr. R.	„	6.5	„
	Zr. W.	„	5.5	„
	Zr. H.	„	6	„
		gemiddeld	6.12	„
	c_1 (256 tr.)			
mannen	Dr. Br.	afstand	19	c.M.
	Dr. de H.	„	22	„
	B.	„	20	„
	v. Es	„	20	„
		gemiddeld	20.25	„
vrouwen	Dr. H.	afstand	21	„
	Zr. R.	„	19	„
	Zr. W.	„	20	„
	Zr. H.	„	21	„
		gemiddeld	20.25	„
	c^2 (512 tr.)			
mannen	Dr. Br.	afstand	2.00	c.M.
	Dr. de H.	„	2.25	„
	B.	„	2.20	„
	v. Es	„	2.15	„
		gemiddeld	2.15	„
vrouwen	Dr. H.	afstand	2.05	„
	Zr. R.	„	2.15	„
	Zr. W.	„	2.20	„
	Zr. H.	„	2.10	„
		gemiddeld	2.12	„

c^3 (1024 tr.)

Aantal seconden, gedurende welke de stemvork wordt gehoord op een afstand van 1 Meter met een aanvangsamplitudo 10 μ.

mannen	Dr. Br.	31.5	sec.
	Dr. de H.	33	„
	B.	32	„
	v. Es	33.5	„
	gemiddeld	32.5	„
vrouwen	Dr. H.	31	„
	Zr. R.	29	„
	Zr. W.	32.5	„
	Zr. H.	33	„
	gemiddeld	31.3	„

c^4 (2048 tr.)

Afstand 1 meter: aanvangamplitudo door vasten aanslag met den gewijzigden hamer van LUCAE.

mannen	Dr. Br.	39	sec.
	Dr. de H.	41	„
	B.	40.5	„
	v. Es	40	„
	gemiddeld	40.1	„
vrouwen	Dr. H.	40	„
	Zr. R.	39.5	„
	Zr. W.	41.5	„
	Zr. H.	38.5	„
	gemiddeld	39.87	„

Gemiddelde waarden van het aantal seconden verkregen in proeven met verschillende personen, gedurende welke de stemvorken c_3 en c_4 zijn gehoord in het open veld op de onderstaande afstanden.

c_3

afstand	seconden
2.5 c.M.	66
5 „	62
10 „	58
15 „	54
20 „	51
30 „	48
40 „	46
50 „	44
60 „	41
70 „	38
80 „	36
90 „	34
100 „	32
110 „	30
120 „	28
130 „	27
140 „	26
150 „	25
160 „	24
170 „	23.5
180 „	22.5
190 „	22
200 „	21.5
220 „	21
240 „	20
260 „	19.5
280 „	19
300 „	18.5

(vervolg c_3)

afstand	seconden
325 c.M.	18
350 „	17
375 „	16
400 „	15
425 „	14
450 „	13
475 „	12.5
500 „	12
550 „	11.5
600 „	11
650 „	10.5
700 „	10
750 „	9
800 „	8
850 „	7
900 „	6.5
950 „	6
1000 „	5.5
1050 „	5
1100 „	4.5
1200 „	4
1300 „	3.5
1400 „	3
1500 „	2.5
1600 „	2
1700 „	1.5
1800 „	1

c_4

afstand		seconden
2.5	c.M.	52
5	„	50
10	„	49
20	„	48
30	„	47
40	„	45
50	„	44
60	„	43.5
70	„	43
80	„	42
90	„	41
100	„	40
110	„	39
120	„	38
130	„	37
140	„	36
150	„	35
160	„	34.5
170	„	34
180	„	33
190	„	32.5
200	„	32
220	„	31
240	„	30.5
260	„	30
280	„	29.5
300	„	29
325	„	28
350	„	27.5
375	„	27

(vervolg c_4)

afstand		seconden
400	c.M.	26.5
450	„	26
500	„	25
600	„	24.5
700	„	24
800	„	23.5
900	„	23
10	Meter	22
12	„	21
14	„	20
18	„	19
22	„	18
25	„	17.5
30	„	17
40	„	16
50	„	15.5
70	„	15
90	„	14
100	„	13
125	„	12
150	„	11
175	„	10
200	„	9
230	„	8
260	„	6.5
300	„	5.5
340	„	3.5
380	„	2.5
420	„	2
450	„	1

BINAURALE ACCOMODATIE REFLEX.

Over het meehooren van het andere, van de stemvork afgekeerde oor, is, zooals in het eerste hoofdstuk besproken werd, reeds veel geschreven. In de kliniek wordt met dit feit rekening gehouden, door het afsluiten van het andere oor met den vinger. In vele handboeken over oorheelkunde wordt er op gewezen, dat deze afsluiting, vooral bij het onderzoek met de hooge stemvorken, niet vergeten mag worden. Dat wij hiermede evenwel het meehooren van het andere oor, door beengeleiding, niet tegengaan, spreekt vanzelf. De mogelijkheid echter, dat door dit dichthouden van het afgekeerde oor, de gehoorfunctie van het luisterende oor beinvloed zou kunnen worden, wordt nooit besproken, niettegenstaande in de literatuur van Fransche zijde (GELLÉ) geschreven was over een binaurale samenwerking van beide trommelvliezen. Afgezien van het practische belang, moet met een binaurale samenwerking wel terdege rekening gehouden worden, wanneer we nauwkeurige gehoorproeven willen verrichten op de manier, zooals deze voor de bepaling van de beengeleiding in het volgende hoofdstuk zijn beschreven.

In dit hoofdstuk zal daarom nagegaan worden, of de gehoorfunctie van het luisterende oor

werkelijk veranderd wordt, wanneer de lucht in de uitwendige gehoorgang van het andere oor gecomprimeerd wordt, zooals GELLÉ dit aangaf, vervolgens of een vermindering der gehoorscherpte van het luisterende oor ook optreedt, als we het afgekeerde oor eenvoudig dichthouden met den vinger, en ten laatste of de gevonden uitkomsten, welke duidelijk een vermindering der gehoorfunctie aantoonen (zie tabellen van reeks II), verklaard kunnen worden door het aannemen van een binauralen reflex in den zin van GELLÉ.

Alvorens we verder op de verklaring van de uitkomsten der proeven ingaan, dient een korte beschrijving uit de literatuur over dit onderwerp, vooraf te gaan.

GELLÉ [24, 25, 28, 29]) was de eerste, die er op wees, dat de gehoorscherpte van het luisterende oor afneemt, wanneer de luchtdruk in de uitwendige gehoorgang van het, van de stemvork afgekeerde oor, verhoogd wordt. Deze luchtcompressie veroorzaakte hij door een slang met POLITZERballon in de uitwendige gehoorgang te houden. Het einde van de slang moet goed in de uitwendige gehoorgang passen, anders fluit de lucht er naast weg. De druk op den ballon moet snel en vrij krachtig zijn. Deed GELLÉ de slang met POLITZERballon in het eene oor, en een slang, waarvan het andere einde over een stemvorksteel geschoven is, in het andere oor, dan hoorde de waarnemer den stemvorktoon duidelijk zwakker worden, als GELLÉ de lucht in het afgekeerde oor met den POLITZERballon comprimeerde. Hetzelfde ging ook op, als hij de stemvork op een afstand van 3 c.M. van het luisterende oor

hield, en de slang wegliet. Zelfs zou de geluidsverzwakking nog waar te nemen zijn, als het andere oor plotseling intensief met den vinger wordt afgesloten.

Ook met de op het hoofd geplaatste stemvork, kon hij hetzelfde verschijnsel verkrijgen, 't geen voor ons van belang is, omdat ook in dit hoofdstuk proeven zijn genomen, waarbij de stemvork op het hoofd is geplaatst. GELLÉ hield bij iemand een stemvork op het hoofd. In het eene oor werd de slang met den POLITZERballon gestoken en het andere oor werd met den vinger afgesloten. De stemvorktoon werd dan, volgens de lateralisatiewet van WEBER, in het oor gehoord, 't welk met den vinger was dichtgehouden. GELLÉ liet dit oor dichthouden, opdat de waarnemer niet gestoord zou worden door trillingen van de stemvork, via de lucht. Comprimeerde hij nu de ballon, dan kon de waarnemer een geluidsvermindering heel goed hooren aan het oor, dat hij met den vinger bedekte.

GELLÉ verklaarde deze verschijnselen door het aannemen van een binaurale sympathie of een binaurale functioneele synergie van beide ooren. Bij plaatsing van de stemvork vóór het eene oor, zou door luchtcompressie in het afgekeerde oor, het trommelvlies van het luisterende oor reflectorisch een grootere spanning krijgen door contractie van den M. tensor tympani. Door deze meerdere spanning zouden minder geluidstrillingen het oor binnendringen en hierdoor hoort de persoon minder. Bij de luchtcompressie met de stemvork op het hoofd, gaat deze verklaring echter niet op. Door de luchtdrukver-

hooging moet, volgens GELLÉ, de geluidsperceptie verminderen aan het oor, waarin de lucht gecomprimeerd wordt.

In zijn „pression centripètes" beschreef GELLÉ de gevolgen van een luchtcompressie in de uitwendige gehoorgang en de diagnostische waarde ervan. Een korte uiteenzetting hierover is noodzakelijk om de opvattingen van GELLÉ te kunnen begrijpen.

Door deze compressie wordt het geheele geleidende stelsel gefixeerd. De druk plant zich voort van het trommelvlies via de keten van gehoorbeentjes naar de stijgbeugelplaat. De stijgbeugel beweegt zich in het ovale venster labyrinthwaarts en de labyrinthdruk wordt hierdoor verhoogd. Tengevolge van deze labyrinthdrukverhooging zou, volgens GELLÉ, de geluidsperceptie aan dit oor moeten afnemen. Wordt bij een patient een stemvork op het hoofd geplaatst en de lucht in de uitwendige gehoorgang met den POLITZERballon gecomprimeerd, dan zal hij, als de compressie krachtig genoeg is en de stijgbeugelplaat niet bij hem door een ziekteproces gefixeerd is, den toon duidelijk zwakker hooren aan dit oor.

Is de stijgbeugelplaat door een ooraandoening gefixeerd, dan gaat deze proef van GELLÉ niet op. Is de compressie niet krachtig genoeg, dan beperkt zich de fixatie alleen tot het trommelvlies en zal de persoon den toon luider hooren en in dit oor localiseeren overeenkomstig de lateralisatiewet van WEBER en de geluids-afvloeiïngs-theorie van MACH.

Ook de invloed van de drukverhooging op de luchtgeleiding heeft GELLÉ nagegaan. Hij nam daarvoor een drieweg slang, één opening voor het oor, één voor den POLITZERballon en één einde voor den stemvorksteel. Het luisterende oor is hier dus tevens het oor, waarin de lucht gecomprimeerd wordt. Comprimeerde hij nu, dan was een geringe drukverhooging reeds voldoende om den stemvorktoon bijna geheel uit te dooven.

GELLÉ vergeleek den invloed van de lucht-compressie op een stemvorktoon, via lucht en via beengeleiding met een draadtelephoon. Wordt een stemvork geplaatst op eenigen afstand van de ontvangtelephoon en hangt de draad slap, dan hoort de waarnemer aan het andere einde niets. Wordt de draad gespannen, b.v. door 5 gram aan het touw te hangen, dan hoort hij den toon duidelijk. Wordt aan het touw nu 20 gram gehangen, dan hoort hij den toon weer zwakker of geheel niet. Brengt men de stemvork in contact met de eene telephoon, dan zijn veel zwaardere gewichten noodig, om den toon voor den waarnemer uit te dooven.

Op dezelfde wijze gaat dit beginsel op voor de stemvork, welke gehoord wordt door lucht-geleiding of door beengeleiding, en met een min of meerdere spanning respectievelijk, fixatie van het geleidend stelsel veroorzaakt door lucht-compressie met den POLITZERballon. Voor de klinkende stemvork op het hoofd moet, analoog aan de stemvork, welke in contact is met de ontvangtelephoon, de lucht-compressie en dus ook de spanning van het geleidend stelsel grooter

zijn, om den toon te verzwakken, dan voor een klinkende stemvork in de lucht. Voor de proef van GELLÉ met de driewegslang is daarom een geringe compressie zelfs voldoende om den toon bijna geheel uit te dooven. Dat een te sterke spanning van het trommelvlies de opname van geluidstrillingen van uit de lucht moet tegenwerken, is door de meeste onderzoekers bevestigd. (MÜLLER, LUCAE, POLITZER, BEZOLD).

De opvatting van GELLÉ, dat de geluidsperceptie voor beengeleiding verminderd wordt aan het oor, waar de lucht gecomprimeerd wordt en dat deze vermindering veroorzaakt zou worden door labyrinthdrukverhooging van dit oor, tengevolge van een labyrinthwaarts bewegen van de stijgbeugelplaat, wordt slechts door enkele onderzoekers erkend. (BLOCH [10], ROHRER).

BLOCH vindt o. a. een verzwakking voor alle tonen. Hij sluit zich in hoofdzaak aan bij de meening van GELLÉ, en breidt de beteekenis er van nog wat uit, door ook het trommelvlies er in te betrekken. BEZOLD [8]) gaat van een tegenovergesteld standpunt uit. Hij neemt aan, dat de geluidstrillingen door beengeleiding het perceptieorgaan gemakkelijker kunnen bereiken en de toon derhalve sterker zal worden, wanneer het geleidend stelsel gefixeerd wordt. Bovendien is BEZOLD van meening, dat een eventueele labyrinthdrukverhooging direct weer opgeheven zal worden door de communicatie met de subarachnoïdale ruimte. LUCAE gelooft aan een toename der gehoorscherpte door labyrinthdrukverhooging door beengelei-

ding. POLITZER hecht aan de proeven van GELLÉ geen waarde als diagnosticum voor de stijgbeugelfixatie bij ziekteprocessen, omdat de druk eveneens op het ronde venster wordt uitgeoefend.

Komen we nu terug op den binauralen reflex der beide ooren, dan stuiten we op groote moeilijkheden. Zooals we zagen, zou de toon zwakker worden aan het oor, dat met den vinger was afgesloten, als bij plaatsing van de stemvork op het hoofd, de lucht in het andere oor werd gecomprimeerd. Wordt deze verzwakking van de geluidsperceptie aan het andere oor, nu ook veroorzaakt door een labyrinthwaarts bewegen van de stijgbeugelplaat met als gevolg een labyrinthdrukverhooging aan dien kant en moet de oorzaak hiervan gezocht worden in een reflectorische contractie der middenoorspieren?

Het bestaan van een binaurale reflex, wanneer de stemvork op het hoofd is geplaatst, is hiermede niet bewezen, uit theoretisch oogpunt en bovendien kon van een geluidsvermindering aan het andere oor, door de meeste onderzoekers niets waargenomen worden.

Alleen dan, als de stemvork via de lucht wordt waargenomen, is ook door andere onderzoekers een geluidsvermindering waargenomen, als de lucht in het afgekeerde oor wordt gecomprimeerd (BLOCH). De verklaringen loopen evenwel uiteen. Heel goed mogelijk is het, dat in dit geval de geluidsvermindering wordt teweeggebracht door een reflectorisch verhoogde spanning van het trommelvlies in het luisterende oor door de m. tensor tympanie. De vermeerderde spanning

van het trommelvlies alleen, zal reeds minder geluidstrillingen tot het binnenoor toelaten; een labyrinthwaartsch bewegen van de stijgbeugelplaat met eventueele labyrinthdrukverhooging is daarvoor niet noodig. Toch is in 't algemeen het bestaan van een binauralen reflex in twijfel getrokken.

SCHÄFER [8]) vindt precies het tegenovergestelde. Klinkt een stemvork voor een oor zoodanig, dat het andere oor niet door de lucht mee kan hooren, dan zal dit andere oor wel meehooren door beengeleiding, maar dit nemen we niet waar, omdat door de veel sterkere geluidsperceptie van het luisterende oor, het andere oor als het ware physiologisch doof gemaakt zal worden. Wordt nu het afgekeerde oor met den vinger gesloten, dan wordt, volgens SCHÄFER, het geluid sterker en de toon wordt niet alleen in het luisterende oor gehoord, maar ook in het afgekeerde oor. Deze sterkere gewaarwording van het geluid zou het gevolg zijn van een binaurale versterking.

Het andere oor hoort nu mee, omdat het monaurale hooren van voor de vingerafsluiting in een binauraal hooren is veranderd.

Op dezelfde wijze denkt BLOCH [9]) de geluidsvermindering bij luchtcompressie. Wordt de vingerafsluiting van het afgekeerde oor vervangen door de slang met de POLITZER-ballon, dan zal door de luchtcompressie, de geluidsperceptie aan dit oor, ook volgens hem, sterk verzwakt worden. Het binaurale hooren is monauraal geworden en hiermede zal dan tevens de totale geluidsindruk van de stemvork, welke voor het andere oor

gehouden is, verzwakt worden en niet door reflectorische aanspanning van het trommelvlies. Dat de geluidsvermindering te ausculteeren zou zijn, zooals GELLÉ aangaf, kan door BLOCH ook niet waargenomen worden.

GELLÉ hechtte aan den binauralen accomodatie-reflex veel waarde. Labyrinthdrukverhooging in het eene oor, zou den reflex veroorzaken in het andere oor. Stijgbeugelplaatfixatie in het eene oor of ziekte der middenoorspieren in het andere oor, zouden den reflex niet mogelijk maken. Is iemand hardhoorend en is de binaurale reflex positief, dan zou hij nerveus doof zijn; hoorde de patiënt normaal en is de reflex negatief, dan zou de aandoening gelocaliseerd zijn in het centrum. In de kliniek van CHARCOT had GELLÉ namelijk den reflex bevestigd gevonden bij patiënten met meningitis van het halsmerg (pachymeningitis cervicales chronica). GELLÉ nam aan, dat het centrum van den binauralen reflex zou zetelen in het halsmerg, naast dat van de pupil en dat de reflexbaan gedeeltelijk den sympathischen weg zou volgen, buiten de hooger gelegen gedeelten van de hersenen om. Hij spreekt van een „centre oto-spinal" voor een binauralen accomodatie-reflex, in overeenstemming met de consensueele pupil-reactie. Bij aandoeningen van het oor, waarbij de reflexbaan vernield is en bij aandoeningen van het verlengde merg en halsmerg is de reflex dan negatief. Dierproeven leverden geen steun voor het bestaan van den reflex. Het bleek hem, dat de reflex alleen opging voor de stemvorken tot de viergestreepte octaaf en niet voor de

hoogere tonen. Nauwkeurige gehoorproeven zijn door GELLÉ niet genomen.

REEKS II.

Invloed van het dichthouden van het afgekeerde oor op de gehoorscherpte van het luisterende oor.

C (64 tr.)

a. met nat watje + vingerdruk

Dr. de H.	afstand	3,5	c.M.	gehoord	tot	21	μ
Dr. M.	„	3,5	„	„	„	14	„
B.	„	3	„	„	„	22,5	„
v. Es	„	3,5	„	„	„	12,5	„
Dr. H.	„	4,5	„	„	„	20	„
Zr. R.	„	4	„	„	„	21,5	„
Zr. W.	„	3	„	„	„	14,5	„
Zr. H.	„	3,5	„	„	„	19	„
				gemiddeld	„	18,125	„

b. met lichten vingerdruk

Dr. de H.	afstand	3,5	c.M.	gehoord	tot	20	μ
Dr. M.	„	3,5	„	„	„	15,5	„
B.	„	3	„	„	„	23	„
v. Es	„	3,5	„	„	„	11	„
Dr. H.	„	4,5	„	„	„	20	„
Zr. R.	„	4	„	„	„	23	„
Zr. W.	„	3	„	„	„	13	„
Zr. H.	„	3,5	„	„	„	21	„
				gemiddeld	„	18,312	„

c. met intensieven vingerdruk

Dr. de H.	afstand	3,5	c.M.	gehoord	tot	25	μ
Dr. M.	„	3,5	„	„	„	15	„
B.	„	3	„	„	„	24,5	„
v. Es	„	3,5	„	„	„	16,5	„
Dr. H.	„	4,5	„	„	„	22,5	„
Zr. R.	„	4	„	„	„	28,5	„
Zr. W.	„	3	„	„	„	15	„
Zr. H.	„	3,5	„	„	„	20	„
				gemiddeld	„	20,875	„

c (128 tr.)

a. met nat watje + vingerdruk

Dr. Br.	afstand	5,5	c.M.	gehoord	tot	12,5	μ
Dr. de H.	„	5	„	„	„	8	„
B.	„	5,5	„	„	„	11	„
v. Es	„	6	„	„	„	9	„
Dr. H.	„	6,5	„	„	„	12	„
Zr. R.	„	6,5	„	„	„	13	„
Zr. W.	„	5,5	„	„	„	7	„
Zr. H.	„	6	„	„	„	11,5	„
				gemiddeld	„	10,875	„

b. met lichten vingerdruk

Dr. Br.	afstand	5,5	c.M.	gehoord	tot	12	μ
Dr. de H.	„	5	„	„	„	9,5	„
B.	„	5,5	„	„	„	10,5	„
v. Es	„	6	„	„	„	10	„
Dr. H.	„	6,5	„	„	„	13	„
Zr. R.	„	6,5	„	„	„	12,5	„
Zr. W.	„	5,5	„	„	„	9	„
Zr. H.	„	6	„	„	„	12	„
				gemiddeld	„	11,062	„

c. met intensieven vingerdruk

Dr. Br.	afstand	5,5	c.M.	gehoord	tot	14	μ
Dr. de H.	„	5	„	„	„	10,5	„
B.	„	5,5	„	„	„	12,5	„
v. Es	„	6	„	„	„	10	„
Dr. H.	„	6,5	„	„	„	13,5	„
Zr. R.	„	6,5	„	„	„	14	„
Zr. W.	„	5,5	„	„	„	8	„
Zr. H.	„	6	„	„	„	14	„
				gemiddeld	„	12,06	„

c_1 (256 tr.)

a. met nat watje + vingerdruk

Dr. Br.	afstand	19	c.M.	gehoord	tot	6,5	μ
Dr. de H.	„	22	„	„	„	4	„
B.	„	20	„	„	„	7	„
v. Es	„	20	„	„	„	3	„
Dr. H.	„	21	„	„	„	7	„
Zr. R.	„	19	„	„	„	6	„
Zr. W.	„	20	„	„	„	2,5	„
Zr. H.	„	21	„	„	„	5,5	„
				gemiddeld	„	5,187	„

b. met lichten vingerdruk

Dr. Br.	afstand	19	c.M.	gehoord	tot	6	μ
Dr. de H.	„	22	„	„	„	3	„
B.	„	20	„	„	„	7,5	„
v. Es	„	20	„	„	„	3,5	„
Dr. H.	„	21	„	„	„	7	„
Zr. R.	„	19	„	„	„	5	„
Zr. W.	„	20	„	„	„	3	„
Zr. H.	„	21	„	„	„	4,5	„
				gemiddeld	„	4,937	„

c. met intensieven vingerdruk

Dr. Br.	afstand	19	c.M.	gehoord tot	7	μ
Dr. de H.	„	22	„	„	„ 5	„
B.	„	20	„	„	„ 6,5	„
v. Es	„	20	„	„	„ 4	„
Dr. H.	„	21	„	„	„ 9	„
Zr. R.	„	19	„	„	„ 7	„
Zr. W.	„	20	„	„	„ 3	„
Zr. H.	„	21	„	„	„ 5	„
				gemiddeld	„ 6,812	„

c_2 (512 tr.)

a. met nat watje + vingerdruk

Dr. Br.	afstand	2,00	c.M.	gehoord tot	2	μ
Dr. de H.	„	2,25	„	„	„ 1	„
B.	„	2,20	„	„	„ 3	„
v. Es	„	2,15	„	„	„ 1	„
Dr. H.	„	2,05	„	„	„ 3,5	„
Zr. R.	„	2,15	„	„	„ 2	„
Zr. W.	„	2,20	„	„	„ 1	„
Zr. H.	„	2,10	„	„	„ 1	„
				gemiddeld	„ 1,812	„

b. met lichten vingerdruk

Dr. Br.	afstand	2,00	cM.	gehoord tot	2,5	μ
Dr. de H.	„	2,15	„	„	„ 1,5	„
B.	„	2,20	„	„	„ 1,5	„
v. Es	„	2,15	„	„	„ 1	„
Dr. H.	„	2,05	„	„	„ 2,5	„
Zr. R.	„	2,15	„	„	„ 2	„
Zr. W.	„	2,20	„	„	„ 1	„
Zr. H.	„	2,10	„	„	„ 1	„
				gemiddeld	„ 1,625	„

c. met intensieven vingerdruk

Dr. Br.	afstand	2,00	c.M.	gehoord	tot	3,5	μ
Dr. de H.	„	2,25	„	„	„	1	„
B.	„	2,20	„	„	„	3	„
v. Es	„	2,15	„	„	„	2	„
Dr. H.	„	2,05	„	„	„	4	„
Zr. R.	„	2,15	„	„	„	3	„
Zr. W.	„	2,20	„	„	„	1	„
Zr. H.	„	2,10	„	„	„	1,5	„
				gemiddeld	„	2,375	„

c_3 (1024 tr.)

a. met nat watje + vingerdruk.

Dr. Br.	afstand	1	Meter	van	31,5	sec.	gehoord	31 sec.
Dr. de H.	„	„	„		33	„	„	31,5 „
B.	„	„	„		32	„	„	31,5 „
v. Es	„	„	„		33,5	„	„	32 „
Dr. H.	„	„	„		31	„	„	31 „
Zr. R.	„	„	„		29	„	„	30,5 „
Zr. W.	„	„	„		32,5	„	„	32 „
Zr. H.	„	„	„		33	„	„	32,5 „
		gemiddeld	„		31,9	„	„	31,5 „

b. met lichten vingerdruk.

Dr. Br.	afstand	1	Meter	van	31,5	sec.	gehoord	31 sec.
Dr. de H.	„	„	„		33	„	„	32 „
B.	„	„	„		32	„	„	31,5 „
v. Es	„	„	„		33,5	„	„	33 „
Dr. H.	„	„	„		31	„	„	30,5 „
Zr. R.	„	„	„		29	„	„	30 „
Zr. W.	„	„	„		32,5	„	„	32 „
Zr. H.	„	„	„		33	„	„	31,5 „
		gemiddeld	„		31,9	„	„	31,4 „

c. met intensieven vingerdruk.

Dr. Br.	afstand	1	Meter	van	31,5	sec.	gehoord	30,5 sec.
Dr. de H.	„	„	„		33	„	„	32 „
B.	„	„	„		32	„	„	30 „
v. Es	„	„	„		33,5	„	„	32 „
Dr. H.	„	„	„		31	„	„	29 „
Zr. R.	„	„	„		29	„	„	28,5 „
Zr. W.	„	„	„		32,5	„	„	32 „
Zr. H.	„	„	„		33	„	„	31 „
		gemiddeld	„		31,9	„	„	30,62 „

c_1 (2048 tr.)

a. met nat watje + vingerdruk.

Dr. Br.	afstand	1	Meter	van	39	sec.	gehoord	40 sec.
Dr. de H.	„	„	„		41	„	„	40,5 „
B.	„	„	„		40,5	„	„	39 „
v. Es	„	„	„		40	„	„	41 „
Dr. H.	„	„	„		40	„	„	39 „
Zr. R.	„	„	„		39,5	„	„	41,5 „
Zr. W.	„	„	„		41,5	„	„	41 „
Zr. H.	„	„	„		38,5	„	„	39,5 „
		gemiddeld	„		39,9	„	„	40,1 „

b. met lichten vingerdruk.

Dr. Br.	afstand	1	Meter	van	39	sec.	gehoord	39,5 sec.
Dr. de H.	„	„	„		41	„	„	40,5 „
B.	„	„	„		40,5	„	„	39,5 „
v. Es	„	„	„		40	„	„	40,5 „
Dr. H.	„	„	„		40	„	„	39,5 „
Zr. R.	„	„	„		39,5	„	„	40 „
Zr. W.	„	„	„		41,5	„	„	42,5 „
Dr. H.	„	„	„		38,5	„	„	38 „
		gemiddeld	„		39,9	„	„	40 „

c. met intensieven vingerdruk.

Dr. Br.	afstand	1	Meter	van	39	sec.	gehoord	38 sec.
Dr. de H.	„	„	„		41	„	„	39,5 „
B.	„	„	„		40,5	„	„	39 „
v. Es	„	„	„		40	„	„	38,5 „
Dr. H.	„	„	„		40	„	„	39 „
Zr. R.	„	„	„		39,5	„	„	38,5 „
Zr. W.	„	„	„		41,5	„	„	41 „
Zr. H.	„	„	„		38,5	„	„	37,5 „
		gemiddeld	„		39,9	„	„	38,87 „

OVERZICHTSTABEL *(reeks II)*.

nat watje + vingerafdruk	lichten vingerdruk	intensieven vingerdruk
C 18,12 μ gehoorscherpte 3.09%	18,31 μ gehoorscherpte 3,05%	20,87 μ gehoorscherpte 2,61%
c 10,87 μ „ 5,71%	11,06 μ „ 5,59%	12,06 μ „ 5,04%
c_1 5,18 μ „ 13,89%	4,93 μ „ 14,74%	6,81 μ „ 10 %
c_2 1,81 μ „ 49,07%	1,62 μ „ 56,04%	2,37 μ „ 35,51%
c_3 31,5 sec. „ 90,7 %	31,4 sec. „ 90,7 %	30,62 sec. „ 86,53%
c_4 40,1 sec. „ ± 100 %	40 sec. „ 100 %	38,87 sec. „ 82,64%

Na deze uiteenzetting, kunnen we overgaan tot de bespreking der proeven, waarvan de uitkomsten vermeld zijn in de tabellen van reeks II.

Dezelfde stemvorken zijn gebruikt, welke boven zijn beschreven, onder dezelfde voorwaarden van aanslaan en opstelling, ten opzichte van de personen, die zoo gemakkelijk mogelijk naast de stemvork kunnen zitten. Alle proeven zijn steeds met dezelfde personen genomen en in hetzelfde vertrek, op een zoo laat en rustig mogelijk uur van den avond.

Iedere persoon is op denzelfden afstand van de stemvork geplaatst, als voor hem was vastgesteld in de eerste reeks tabellen, waarbij het minimum perceptibele bij 1″ ligt. Verschillende malen en op verschillende tijden zijn de proeven herhaald, om zoo een betrouwbaar gemiddelde uitkomst te verkrijgen. De afsluiting van het andere oor gebeurde met lichten vingerdruk, met een nat watje in het afgekeerde oor, plus een lichten vingerdruk en met intensieven vingerdruk.

Het is namelijk gebleken dat een eenvoudig afsluiten van de uitwendige gehoorgang met den vinger geen zekerheid geeft, dat geen geluidstrillingen het trommelvlies via de lucht zullen bereiken. De anatomische bouw van de uitwendige gehoorgang bij verschillende personen loopt te veel uiteen. Alleen een intensief drukken met den vinger of het brengen van de vingers in de uitwendige gehoorgangen zou misschien voldoende zijn, maar dan worden de meeste personen gestoord door nevengeruischen en bovendien is het niet onwaarschijnlijk, dat door intensief drukken het

gehoor ook nog op een andere manier verminderd wordt, zooals we later zullen zien. Volgens tabel IV zijn een serie proeven genomen, waarbij beide uitwendige gehoorgangen zijn afgesloten met droge watjes, met natte watjes en met natte watjes plus vingerdruk. In deze tabel vinden we verschil in de overgebleven gehoorscherpte bij deze verschillende wijzen van afsluiten van de uitwendige gehoorgangen. Over de doorgankelijk voor geluid van vaste en poreuze lichamen zijn vele onderzoekingen gedaan door BILTRIS, ZWAARDEMAKER, SPIJKERBOER.

SIEVEKING en BEHM [30, 59]) komen tot het besluit, dat poreuze stoffen, als vilt, een slecht isolatiemiddel voor geluid zijn, ofschoon deze juist dikwijls als geluidsisolator gebruikt worden. Zoo vonden zij voor een viltlaag van 3 c.M. een doorlaatbaarheid van 81%, waarbij zij als geluidsbron gebruikten een electromagnetisch gedreven stemvork c_1. Wordt de viltlaag samengeperst of met water geimbibeerd, dan wordt de doorlaatbaarheid wel veel minder, maar niet gelijk nul. Om in mijn proeven de doorlaatbaarheid tot op een minimum te beperken, deed ik in de uitwendige gehoorgang een met water geimbibeerd watje en sloot daarover heen de uitwendige gehoorgang nog met den vinger af. De vingerdruk behoeft dan niet intensief te zijn en we krijgen toch een betere afsluiting, dan met een nat watje alleen. De reden waarom het van de stemvork afgekeerde oor op deze drie manieren werd dichtgehouden, is deels om te zien of een eenvoudige vingerafsluiting, zooals dit in de kliniek

gebeurt, dezelfde resultaten geeft, als de afsluiting met nat watje plus vingerdruk. Wat betreft de afsluiting met intensieven vingerdruk, is het de bedoeling om na te gaan of een lucht-compressie in den zin van GELLÉ een grootere vermindering van de gehoorscherpte geeft, voor zooverre we althans bij deze afsluiting van een luchtcompressie mogen spreken.

Uit de overzichtstabel van deze tweede reeks blijkt, dat door het afsluiten van het afgekeerde oor de gehoorscherpte afneemt. De vermindering is het grootst voor $C=c^2$ en niet merkbaar voor c^4, wanneer de afsluiting geschiedt met lichten vingerdruk of met een nat watje plus vingerdruk. Bij afsluiting met intensieven vingerdruk is de vermindering in gehoorscherpte wel wat grooter voor $C=c_3$, maar ze valt voornamelijk op voor c^4, voor welke stemvork de eerste methoden geen vermindering in gehoorscherpte geven.

Dat deze vermindering van gehoorscherpte niet gering is, blijkt, wanneer we de gevonden waarden, waarvan de overzichtstabel het gemiddelde geeft, omrekenen in percentage gehoorscherpte, als we 100 voor de normale gehoorscherpte stellen, zooals in het vorige hoofdstuk is besproken.

Gaan we na, hoe of deze uitkomsten verklaard kunnen worden, dan zijn de volgende veronder-stellingen mogelijk:

1°. de gehoorscherpte wordt verminderd, tenge-volge van een reflectorisch verhoogde spanning van het trommelvlies van het luisterende oor, welke wordt opgewekt door afsluiten van het

afgekeerde oor, zooals GELLÉ dit aangaf voor zijn luchtcompressie. Deze reflex zou dan in dit geval ook op moeten gaan, wanneer de lucht in de uitwendige gehoorgang niet gecomprimeerd wordt.

2°. de gehoorscherpte wordt verminderd, omdat door de afsluiting van het afgekeerde oor het binaurale hooren in een monauraal hooren wordt veranderd. Dit zou echter alleen dan mogelijk zijn, wanneer de lucht gecomprimeerd werd door intensieven vingerdruk (BLOCH). Voor den lichten vingerdruk is eerder het omgekeerde te verwachten (SCHÄFER).

3°. de vermindering der gehoorscherpte ontstaat, omdat tengevolge van de afsluiting van het afgekeerde oor, geen geluidstrillingen van uit de lucht, het afgekeerde trommelvlies kunnen bereiken. Deze veronderstelling gaat alleen dan op, als de intensiteit van de stemvork groot genoeg is, zoodat geluidstrillingen, zonder deze afsluiting, het van de stemvork afgekeerde trommelvlies kunnen bereiken.

Houden we ons voorloopig bij de eerste veronderstelling, dan is het in de eerste plaats van belang, om de verhoogde spanning van het trommelvlies, welke reflectorisch zou ontstaan, waarschijnlijk te maken.

GELLÉ was van meening, dat de reflectorische spanning van het afgekeerde trommelvlies door de middenoorspieren zou gebeuren. HENSEN [37]) heeft in 1878 de contracties der middenoorspieren bij katten het eerst waargenomen. De m. tensor

tympani zou bij hooge tonen beter contraheeren dan bij lage tonen. HENSEN was niet in staat om bij dieren den reflex op te wekken door aanraking van de wanden van de uitwendige gehoorgang en ook niet door het steken van een naald in de cochlea of in den nervus acusticus. Zijne bedoeling hiermede was, om te zien of de reflex over de baan van den n. trigeminus ging of dat de n. acusticus ook op andere, behalve dan op de voor deze zenuw adaequate prikkels zou reageeren. Deze proeven vielen alle negatief uit en zijn gevolgtrekking was, dat de m. tensor tympani alleen op acustische prikkels kon reageeren.

Ook POLLAK [50]) (1868) bewees, dat de reflex via den n. acusticus moest gaan. Verwoestte hij bij honden de beide perceptie-organen, dan bleef de reflex uit.

HAMMERSCHLAG [32]) ging de tensor reflex na bij honden en katten. Uit zijn onderzoekingen bleek, dat de acustische reflex voornamelijk optrad bij hooge tonen en dat de reflex bij lage tonen niet opgewekt zou kunnen worden. HAMMERSCHLAG verwoestte bij jonge honden de cochlea en den nervus acusticus aan een kant. Hield hij nu tonen van betrekkelijk groote intensiteit uit de vijf of zes gestreepte octaaf voor het andere oor, dan kon hij den m. tensor tympanic aan den geopereerden kant zien contraheeren. Verwoestte hij nu aan den geopereerden kant ook nog den n. trigeminus, dan ging de reflex aan dien kant niet door.

Dit was eveneens het geval, wanneer hij aan den kant van de geluidsbron den n. acusticus

doorsneed. Op grond van deze verschijnselen nam HAMMERSCHLAG een acustischen reflex aan, welke verloopt naar den n. trigeminus van den zelfden kant en naar dien, van den anderen kant.

Anatomisch heeft hij deze reflexbaan geconstrueerd aan de hand van experimenten. De reflexvezels zouden verloopen van de kern van den n. acusticus naar de motorische kern van den n. trigeminus, van denzelfden kant en gekruist. De groote hersenen zouden voor de reflex overbodig zijn.

KREIDL, KATO, ONO, ZWAARDEMAKER, hebben den acustischen reflex nader bestudeerd. Vele onderzoekers zien in deze middenoorspieren een middel tot accomodatie van het trommelvlies aan tonen van verschillende hoogte en intensiteit.

Een sensibele reflex in den zin van GELLÉ, is tot dusverre niet bewezen kunnen worden.

Aan het waarnemen van contracties der middenoorspieren zijn groote moeilijkheden verbonden. Verschillende methoden zijn daarvoor gebruikt: bekijken van het trommelvlies met een vergrootglas, als oudste methode; bevestigen van een hefboompje aan den hamersteel, voor registratie der contracties van den m. tensor tympani; plakken van een enkele milligrammen groot, spiegeltje op de umbo van het trommelvlies, waardoor de teruggekaatste stralen van een opvallenden lichtbundel gephotografeerd kunnen worden.

WAAR [67]) wees in zijn proefschrift nog eens op de groote bezwaren bij het vaststellen van tensor contracties. Met zeer sterke vergrooting en heldere

verlichting kon hij het trommelvlies bezichtigen, zoodat de bloedstroom in de vaatjes duidelijk te zien was. Hij wist het hoofd een zoodanige fixatie te geven, dat verplaatsingen in het hoofd ten bedrage van 2μ waren uitgesloten. Zijn conclusie was dat de m. tensor tympani bij den mensch niet reflectorisch contraheert op verschillende geluiden, noch op orgelpijpen, noch op claxongeschetter. Wel bestonden er willekeurige samentrekkingen der middenoorspieren.

Hij hecht aan de middenoorspieren bij den mensch geen groote beteekenis voor het normale hooren en beschouwt ze phylogenetisch als een beschuttingsapparaat. Van een reflectorische aanspanning van het trommelvlies bij dichthouden van het andere oor of bij luchtcompressie in het andere oor, valt met dergelijke methoden van onderzoek weinig te verwachten, omdat we nooit absoluut zeker kunnen zijn, dat de waargenomen bewegingen niet door geringe hoofdbewegingen worden veroorzaakt.

Bij verschillende personen heb ik getracht om met een vergrootglas iets van trommelvliesbewegingen na te gaan bij luchtcompressie in het andere oor. Met zekerheid mag ik hier echter niets uit besluiten.

Ik heb daarom langs een anderen weg getracht om het bestaan van een binauralen reflex op te sporen. Door een muur, welke twee rustige vertrekken scheidt, is een looden buis gemaakt, waarvan de lengte overeenkomt met de dikte van den muur, d.i. ongeveer 25 c.M. Het lumen van de buis was zoo groot, dat een vrij dikke gummi-

slang met 1 c.M. diameter er juist even, door uitrekken, door heen gehaald kon worden.

De proefpersonen zitten in het eene vertrek, op een afstand van 1 Meter van den muur. De waarnemer zit in het andere vertrek op even grooten afstand van de buis.

De uiteinden van de slang worden zorgvuldig in de uitwendige gehoorgangen van proefpersoon en waarnemer gebracht. In het andere oor van den proefpersoon wordt een slang met POLITZER-ballon gebracht. Een derde persoon houdt de verschillende stemvorken midden op het hoofd van den proefpersoon. Zonder compressie der ballon hooren de proefpersonen de verschillende tonen duidelijk in het hoofd en kunnen ze de tonen niet in een oor lateraliseeren. Alleen de c_4 kan niet duidelijk in het hoofd worden waargenomen. De waarnemer in het andere vertrek kan de tonen door de slang duidelijk hooren, behalve *C*. De intensiteit van *C* is te gering om door deze lange slang gehoord te kunnen worden. Voor de *C* is daarom een slang gebruikt, welke slechts een weinig langer is dan de looden buis zelf, de toon kan dan duidelijk gehoord worden.

Ook de c_4 gaf den waarnemer moeilijkheden. De geluidsintensiteit van de stemvork is te groot. Het geluid van dezen toon dringt althans de eerste oogenblikken door den muur heen, buiten de slang om. Sluit de waarnemer zijn andere oor stevig met den vinger, dan krijgt hij wel meer den indruk, dat de toon door de slang zijn oor binnendringt, maar niet geheel. Bovendien bestaat voor deze stemvork de mogelijkheid dat geluids-

trillingen van uit de lucht de slang binnendringen en niet via het hoofd van den proefpersoon den waarnemer bereiken. Van de lagere tonen is dit niet te vreezen. De intensiteit van deze tonen is te gering om waargenomen te kunnen worden aan den anderen kant van een houten scherm, dat opgesteld is tusschen de stemvork en de slang en dient om geluidstrillingen, welke de stemvork in de lucht uitzendt, te beletten om door de slang te gaan. Hierbij komt de groote duidelijkheid, waarmede de stemvorken uitklinken voor den waarnemer in het andere vertrek. Knijpt de waarnemer de slang dicht, dan hoort hij van de C=c_3 niets meer en de c_4 nog ongeveer 5 seconden na den aanslag. Sluit de waarnemer ook nog het andere oor, dan blijft hij de c_4 nog even hooren. Een bewijs dat de geluidstrillingen van c_4, welke door den muur gaan, door het schedeloppervlak van den waarnemer opgenomen en gepercipieerd worden. Dat de geluidstrillingen van de schedelbeenderen op de slang zouden overgaan, 't welk Bloch als nadeel van alle auscultatiemethoden beschouwt, is hier niet waarschijnlijk. Ware dit het geval, dan zou het resultaat van deze proeven hiermede toch in strijd zijn. De resultaten der waarnemingen, waarbij de proefpersonen en waarnemers om beurten van rol verwisselen, zijn de volgende. Wordt de lucht in het oor van den proefpersoon gecomprimeerd, dan hoort de persoon zelf den toon luider in zijn hoofd gedurende de compressie en de waarnemer, in het andere vertrek, hoort een zeer duidelijke daling in de intensiteit, gevolgd door een min of meer duidelijke

stijging der geluidsintensiteit, na ophouden der luchtcompressie. Hoe krachtiger de compressie is en hoe korter deze na den aanslag van de stemvork geschiedt, des te duidelijker is het effect voor beide personen. Als de toon al wat zwakker is geworden voor den waarnemer, dan verdwijnt hij na een compressie geheel. Verschillende intensiteitsdalingen tijdens denzelfden uitklinkingstijd van de stemvork worden met signalen door den waarnemer direct en nauwkeurig direct na de compressie aangegeven. Van de compressie zelf wordt door de waarnemers niets bemerkt. Voor de c^3 en c^4 kan geen intensiteitsverandering gehoord worden. Het zoo nu en dan eens gegeven signaal, door den waarnemer, voor de c^3 blijkt nog onjuist te zijn.

Dezelfde proeven worden nu herhaald, wanneer het oor van den proefpersoon met den vinger wordt afgesloten, zonder en met intensieven vingerdruk.

Met intensieve vingerdrukafsluiting wordt de geluidsvermindering door de waarnemers juist aangegeven voor C en c en voor c^1 voor ongeveer 40 % en c^2 voor de helft foutief. Met niet intensieve vingerafsluiting is de intensiteitsdaling voor de waarnemers altijd duidelijk voor C, voor c ongeveer voor de helft, terwijl voor c^1 slechts enkele malen een sterkere daling in de geluidsintensiteit goed wordt aangegeven. Overeenkomstig zijn de aangiften van de proefpersonen voor de geluidsversterking bij compressie en bij afsluiting van het oor met den vinger in de meeste gevallen met lateralisatie in het afgesloten

oor. De geluidsversterking voor hen is ook het duidelijkst met den POLITZERballon en het zwakst bij niet intensieve vingerafsluiting, terwijl voor de lage tonen de geluidstoename altijd weer duidelijker is dan voor de hooge tonen. Voor c^3 en c^4 kan door den proefpersoon geen geluidsversterking gehoord worden, evenmin als door de waarnemers voor deze tonen een geluidsvermindering kon worden geausculteerd.

Uit dit alles kan de daling van de geluidsintensiteit voor de waarnemers moeilijk anders verklaard worden, dan door een belemmerde afvloeiïng van geluidstrillingen uit het oor van den proefpersoon, veroorzaakt door luchtcompressie in of door afsluiting van een oor van dezen persoon.

In de literatuur is algemeen aangenomen, dat voor een goede opname van geluidstrillingen een bepaalde spanning van het trommelvlies noodig is. Door een verandering in de spanning van het trommelvlies, zoowel door een vermeerdering, als door een vermindering, zullen minder geluidstrillingen het binnenoor bereiken. (HELMHOLTZ, HENSEN, LUCAE, BEZOLD, WOLF [69]). Uit de auscultatieproeven zou ik dan ook de conclusie willen trekken, dat de belemmerde afvloeiïng van geluidstrillingen, uit het oor van den proefpersoon, berust op een reflectorisch verhoogde spanning van het trommelvlies, zonder verdere beschouwing over de functie der middenoorspieren en reflexbanen.

Wanneer trommelvlies en keten van gehoorbeentjes op deze wijze min of meer gefixeerd

worden, kunnen we als zeker aannemen, dat minder goed geluidstrillingen langs aerotympanalen weg het binnenoor kunnen bereiken. Tegenstrijdig klinkt daarentegen, de verminderde afvloeiïng van geluidstrillingen naar buiten, terwijl de craniotympanale geleiding voor den proefpersoon zelf toeneemt. Vooral is dit het geval, wanneer we met BEZOLD aannemen, dat een spanningsverhooging van het geleidend stelsel, de overdracht van geluidstrillingen door contactbeengeleiding verbetert. Er zouden dan ook gemakkelijker geluidstrillingen op de lucht van de uitwendige gehoorgang moeten overgaan; de waarnemers zouden dan eveneens een geluidsversterking moeten ausculteeren.

De verschillende opvattingen over dit onderwerp (MACH, MADER, BEZOLD, GELLÉ, LUCAE) zijn in het literatuuroverzicht voldoende besproken. Hier kan vermeld worden, dat de gevonden uitkomsten bij de auscultatiemethode, het meeste pleiten voor de beschouwingen van MACH, MADER en GELLÉ over de craniotympanale overdracht van de geluidstrillingen, welke door contactbeengeleiding op den schedel overgaan. Zij kennen aan de stapesplaat, als aangrijpingspunt voor de craniotympanale beengeleiding meer waarde toe.

Nemen we met GELLÉ aan, dat de geluidstrillingen door contactbeengeleiding overgaan op de lucht in het cavum tympanie en van deze via de stapesplaat naar het labyrinth en via de verdere keten van gehoorbeentjes naar buiten, dan wordt het begrijpelijk, dat bij een spanningsverhooging van het geleidend stelsel, de contact-

beengeleiding toeneemt terwijl de auscultatietoon zwakker wordt.

Wat betreft de reflectorische spanningsverhooging van het trommelvlies met de keten van gehoorbeentjes, door luchtcompressie in het andere oor, kunnen we de volgende punten van verschil tegen GELLÉ opstellen:

1e. de binaurale reflex geeft voor den proefpersoon met de klinkende stemvork op het hoofd, een geluidsvermeerdering met lateralisatie in het oor, waar de lucht gecomprimeerd wordt met den POLITZERballon. Hiertegenover staat de geluidsvermindering volgens GELLÉ.

2e. de reflex kan alleen nagegaan worden voor stemvorken tot de drie gestreepte octaaf en niet tot de vier gestreepte octaaf.

3e. hoe lager de toon, des te gemakkelijker is de reflex door auscultatie waar te nemen,

4e. het duidelijk gehoord worden van een geluidsdaling door den waarnemer, voor C=c^2 bij intensieven vingerdruk en voor C en c bij niet intensieven vingerdruk, maakt waarschijnlijk, dat ook een zwakkere sensibele prikkel, dan luchtcompressie, voldoende is om den reflex op te wekken.

Beschouwen we de overzichtstabel van reeks II, dan blijkt, dat bij afsluiting van het, van de stemvork afgekeerde oor, de gehoorscherpte verminderd wordt, voor de vrij in de lucht trillende stemvorken van C=c_4. De vermindering is het grootst voor C, neemt af voor de hoogere stemvorken, en bestaat niet voor c_4, behalve bij intensieve vingerafsluiting. De vermindering der gehoor-

scherpte treedt derhalve tot c_3 voor dezelfde tonen op, als in de auscultatie-proeven, en is tevens grooter, hoe lager die toon is. Deze belangrijke uitkomsten zou ik willen opvatten, als het gevolg van de verminderde aero-tympanale geleiding van het luisterende oor, welke ontstaat, door het opwekken van een binaurale accomodatiereflex door afsluiting van het afgekeerde oor. Voor c_4 met intensieve vingerafsluiting moet de verklaring elders gezocht worden; eveneens voor de vermindering der gehoorscherpte voor c_3 bij gewone vingerafsluiting. Hierop komen we later terug.

De grootere vermindering der gehoorscherpte voor $C-c^3$ bij intensieven vingerdruk wordt dan veroorzaakt door den sterkeren sensibelen prikkel. Het lijkt me waarschijnlijk, dat zoowel bij intensieve als bij niet intensieve vingerafsluiting de reflex opgewekt wordt door een prikkel van het trommelvlies, welke grooter is, wanneer de lucht door de afsluiting meer wordt gecomprimeerd of verplaatst.

Om te bewijzen, dat de sensibele prikkel van het trommelvlies als oorzaak moet worden opgevat van den binauralen reflex, heb ik van verschillende personen het trommelvlies laten aanraken met een sonde. Van de 14 personen reageerden er 10 duidelijk op de geringste aanraking. Opvallend was de buitengewoon duidelijke geluidsdaling, welke de waarnemers konden ausculteeren, bij wat steviger druk op het trommelvlies. Bij een zwakkeren prikkel, welken gemakkelijk gegeven kon worden, door een watje om de sonde, was de intensiteitsdaling geringer. De reactietijd, welke

niet precies is nagegaan, is bij een sterkeren prikkel korter, dan bij een zwakkeren. De vier andere personen waren patienten, die het trommelvlies aan een kant misten of die een, door oude ontstekingsprocessen, verdikt en verkalkt trommelvlies hadden. Door deze personen bleek, dat een directe prikkel van het cavum tympani den reflex niet veroorzaakte. Evenmin komt een reflectorische contractie van het afgekeerde trommelvlies tot stand, wanneer dit door een ziekteproces ernstig heeft geleden.

In hoeverre prikkels van de uitwendige gehoorgang den reflex kunnen opwekken, is niet uit te maken. Bij een patient (kind van 12 jaar met normale trommelvliezen) gaf reeds een trekken aan de gehoorschelp, een zwakke geluidsdaling. Bij de andere personen kon dit evenwel niet worden aangetoond.

We komen nu terug op de andere mogelijkheid, welke we aan het begin van de bespreking van reeks II, verondersteld hebben. Het zou namelijk kunnen zijn, dat de gehoorscherpte kleiner werd, omdat door de afsluiting van het, van de stemvork afgekeerde oor, geen geluidstrillingen via de lucht, dit trommelvlies meer kunnen bereiken. In tabel VI is een overzicht gegeven van de uitkomsten, welke zijn verkregen, door het luisterende oor af te sluiten met een nat watje plus vingerdruk. We krijgen dan, zooals we later zullen zien, een overzicht over het meehooren van het van de stemvork afgekeerde oor, door luchtgeleiding. Voor c_2 begint dit meehooren door luchtgeleiding beteekenis te krijgen. Verdere bijzonderheden daarover zullen in het betreffende

hoofdstuk besproken worden. Hier is het van belang, om er op te wijzen, dat van C door het afgekeerde oor niets meegehoord wordt door luchtgeleiding en van *c* ongeveer 0,5 %. Hiertegenover staat, dat de vermindering der gehoorscherpte, in de tabellen van reeks II, juist het grootste is, voor de lage stemvorken.

De vermindering der gehoorscherpte voor c_3, bij afsluiting van het van de stemvork afgekeerde oor, zou ik wel willen toeschrijven aan het niet meer meehooren van dit oor, door luchtgeleiding, tengevolge van de vingerafsluiting.

Het meehooren van het afgekeerde oor van c^3 geschiedt in normale omstandigheden gedeeltelijk door luchtgeleiding en gedeeltelijk door beengeleiding. In de volgende hoofdstukken zijn deze factoren afzonderlijk berekend. Hieruit is gebleken, dat het meehooren van het afgekeerde oor voor c^3 voor ongeveer 9.5 % door luchtgeleiding plaats heeft. Voor c^4 is deze luchtgeleiding veel geringer en bedraagt ongeveer 1 %.

Deze getallen zijn in overeenstemming met de uitkomsten, welke in de overzichtstabel van dit hoofdstuk vermeld zijn voor c_3 en voor c_4. De vermindering der gehoorscherpte voor niet intensieve vingerafsluiting bedraagt hier voor c_3 ongeveer 9.5 % en is voor c_4 in het geheel niet aanwezig. Hierbij komt bovendien, dat met de auscultatiemethode, nòch voor c_3, nòch voor c_4 een geluidsdaling door den waarnemer gehoord kon worden. Mogelijk is het, dat voor c_3 toch nog een klein gedeelte van de gehoorscherptevermindering berust op den binauralen accomodatie-

reflex; dit kan evenwel niet aangetoond worden. Omgekeerd zal de factor van het meehooren van het afgekeerde oor door luchtgeleiding in de uitkomsten van reeks II wel aanwezig zijn voor de lagere stemvorken.

Op grond van deze gehoor- en auscultatieproeven kom ik tot het volgende besluit:

1°. Door het dichthouden van het van de stemvork afgekeerde oor, wordt de gehoorscherpte van het luisterende oor verminderd.

2°. deze vermindering is grooter, hoe lager de toon is, en hoe steviger de afsluiting is van het oor.

3°. de oorzaak van deze gehoorscherpte-vermindering moet gezocht worden in het bestaan van een binauralen accomodatiereflex, welke opgewekt kan worden door de afsluiting van een uitwendige gehoorgang.

4. de reflex wordt waarschijnlijk door een sensibelen prikkel van het trommelvlies, tengevolge van de afsluiting, veroorzaakt.

5°. de reflex is alleen van invloed op de tonen tot de driegestreepte octaaf.

INDIRECTE BEENGELEIDING.

Bij het hooren naar een geluidsbron op afstand, is het trommelvlies met de keten van gehoorbeentjes er volkomen op ingericht om geluidstrillingen uit de omgevende lucht op te vangen en deze naar het binnenoor over te brengen. Tengevolge van de kleinheid van dit stelsel ten opzichte van de golflengten der hoorbare tonen, welke lengten in been volgens LUCAE 9 maal grooter zijn dan in de lucht, bevinden zich alle deeltjes van het geleidend stelsel in dezelfde phase m.a.w. het trommelvlies en de gehoorbeentjes bewegen „en masse". Door deze massale trillingswijze en door de concaviteit van het trommelvlies, waardoor de punt van den hamersteel een kleineren uitslag maakt, dan den gemiddelden uitslag van het trommelvlies, worden de luchttrillingen met een ongeveer drievoudig verkleinde amplitudo aan het labyrinthwater overgedragen.

Het energie verlies wordt zoodoende tot een minimum beperkt. Bovendien worden door het grootere oppervlak van het trommelvlies, in verhouding tot de oppervlakte van de stijgbeugelplaat meer geluidstrillingen opgevangen en geconcentreerd op het ovale venster. (HELMHOLTZ [35, 36.])

Deze trillingswijze is vooral van belang voor

de lage tonen. Door deze tonen is een geluidsoverdracht, zooals hier is beschreven, onmisbaar. Een geringe verandering van het geleidend stelsel, hetzij een abnorme fixatie of een spanningsverhooging van het trommelvlies, is voldoende om de luchtgeleiding belangrijk te verminderen. POLITZER en LUCAE wezen er op, dat de meerdere spanning van het trommelvlies, zich voor alle tonen doet gevoelen, doch vooral voor de lage tonen. In het vorige hoofdstuk is gebleken, dat de binaurale accomodatie reflex zich vooral voor de lage tonen doet gevoelen.

Over de waarde van het trommelvlies en de keten van gehoorbeentjes voor hooge tonen wordt verschillend geoordeeld. Algemeen wordt aangenomen, dat ook de hooge tonen gehoord worden, door middel van het trommelvlies, dus aerotijmpanaal. Het andere oor zou dan belangrijk meehooren door craniotympanale beengeleiding. De geluidstrillingen welke door middel van het, naar de stemvork gekeerde trommelvlies het hoofd zijn binnengekomen, zouden tengevolge van de goede voortgeleiding van geluidstrillingen door de schedelbeenderen het andere labyrinth craniotympanaal bereiken. Klinisch heeft BEZOLD[7]) dit craniotympanale meehooren van het andere oor nagegaan bij patiënten, bij wie het labyrinth aan een kant was uitgestooten. Werden stemvorken voor dit zieke oor gehouden, dan konden zij alle tonen hooren vanaf a^1 daarbeneden hoorden ze niets. Daar het hooren van deze patiënten alleen kan gebeuren met het gezonde, van de stemvork afkeerde oor, besloot BEZOLD

hieruit, dat het craniotympanale meehooren door het andere oor, alleen bestaat voor de stemvorken boven a^1. Werden de lagere stemvorken toch gehoord, dan zou dit volgens BEZOLD alleen mogelijk zijn door het zieke oor en hiermede het bewijs geleverd zijn, dat het labyrinth van het zieke oor niet geheel verwoest is. Andere onderzoekers hechten geen waarde aan dit zoogenaamde „spiegelbeeld" van het afgekeerde oor, als diagnosticum voor totale labyrinthverwoesting. Dit beeld is geheel afhankelijk van de intensiteit der gebezigde stemvorken (QUIX). Toch bewijst het in ieder geval, dat geluidstrillingen, welke eenmaal door de schedelbeenderen zijn opgenomen, zich gemakkelijk door het been kunnen voortplanten. FREY [21, 22]) had dit nagegaan aan schedels met een ingeschroefde stemvork, zooals in het eerste hoofdstuk is besproken. Hij vond, dat de richting van het verloop der geluidstrillingen afhangt van de dichtheid van het been. Wanneer de trillingen door het eene oor worden opgenomen, zullen zij zich wel over den geheelen schedel verbreiden, maar ze worden toch grootendeels naar symetrische punten van de andere schedelhelft, in dit geval naar het andere oor voortgeleid, door de groote hardheid van de rotsbeenderen. Al bewijzen dergelijke experimenten niet veel voor den normalen toestand in het leven, zoo geven zij toch een steun voor de overeenkomstige bevindingen van vele onderzoekers, betreffende de goede geleiding der pyramiden voor geluidstrillingen (BEZOLD, NIKIFOROWSKY, MADER). Hierdoor wordt duidelijk het binaurale hooren van een monaurale geluidstoe-

vloeiing, het ontstaan van diotische zwevingen en andere, voor de kliniek belangrijke feiten. De gemakkelijkheid, waarmede geluidstrillingen zich ook in het leven door been kunnen voortplanten, dus in het geval dat de beenderen door weeke deelen zijn bedekt, bewees POLITZER met de volgende proef. Zes personen waren met de hoofden tegen elkaar geplaatst. Op het hoofd van den eersten werd een trillende stemvork gehouden. De zesde persoon hoorde dan de stemvork slechts acht seconden korter, dan wanneer men deze stemvork alleen op zijn hoofd liet uitklinken.

Met zekerheid kan worden aangenomen, dat een cranio tympanaal mee hooren van het andere oor bestaat, en dat deze het gevolg kan zijn van geluidstrillingen, welke het luisterende oor binnendringen door de keten van gehoorbeentjes. De vraag echter of de geluidstrillingen alleen maar via het trommelvlies en de keten van gehoorbeentjes den schedel kunnen binnendringen is altijd nog niet beslist.

Sommige onderzoekers, MADER, NAGEL[48]), OSTMANN [51]), gelooven, dat voor de hooge tonen het trommelvlies niet noodzakelijk is. Anderen wijzen op een dempende werking van het trommelvlies voor de hooge tonen, naar aanleiding van den acustischen reflex, waarbij tensorcontracties optreden aan beide ooren, bij het hooren van hooge tonen, (HAMMERSCHLAG). Ook het niet kunnen waarnemen van den binauralen reflex voor c_3 en c_4 in de vorige auscultatieproeven wijst er op, dat een spanningsverandering van het trommelvlies weinig invloed heeft op het overbrengen van de geluidstrillingen van hooge

tonen. Mogelijk is het, dat de invloed van de verhoogde spanning, op de hooge tonen te gering is, om waargenomen te kunnen worden, dus dat de trillingen, niettegenstaande de meerdere spanning, toch even goed, via het trommelvlies en de keten van gehoorbeentjes het binnenoor kunnen bereiken. Het zou echter ook kunnen zijn, dat afgezien van de meer of mindere spanning, het trommelvlies in het geheel van geen waarde is voor de hooge tonen. In dat geval moeten de geluidstrillingen dan voor de hooge tonen opgenomen kunnen worden door het schedeloppervlak. Zoowel voor het normale gehoor als bij aandoeningen van het gehoororgaan, is dit van belang om te weten. Bij radicaal geopereerden en otosclerose patienten is dit hooren zeker van veel belang. HENSEN en VOLTILINI [10]) meenen, dat bij deze patiënten het ronde venster de functie van het trommelvlies zal overnemen. LUCAE en POLITZER nemen voor deze gevallen aan, dat de schedelbeenderen de geluidstrillingen opnemen en dat het ronde venster tot functie heeft om door uitwijken naar 't cavum tympani een goede voortplanting der trillingen in het labyrinthwater mogelijk te maken. Voor de zeedieren is het schedeloppervlak van veel belang voor de opname van geluidstrillingen (BOENNINGHAUS, MÜLLER, QUIX, BEZOLD). Onderzoekingen over het aandeel van deze indirecte beengeleiding in het physiologische hooren bij den mensch hebben tot tegenstrijdige resultaten geleid. MADER [46]) was de eerste, die met zijn microphoon-methode, aan de opname van geluidstrillingen van een geluidsbron op

afstand een vrij groote waarde toekende, vooral voor de hooge tonen. BEZOLD hechtte aan deze indirecte beengeleiding geen waarde voor het spraakgehoor. Wel kan, volgens hem, de schedel de geluidstrillingen opvangen, evenals ieder ander lichaamsdeel, zooals een arm of been, ze behoeven daarom nog niet gepercipieerd te kunnen worden, hetgeen MADER, naar aanleiding van zijn proeven met den schedel veronderstelde. Het opsporen der trillingen in de schedelbeenderen met de microphoon of het ausculteeren ervan, zooals BEZOLD [8]) dit deed, door direct contact van een houten staaf met het hoofd, bewijst nog niets voor een perceptie van deze trillingen. De opname van geluidstrillingen door het schedeloppervlak achtte hij niet onwaarschijnlijk. Weinig trillingen kunnen evenwel op deze manier het labyrinth bereiken, gedeeltelijk tengevolge van de opheffing van deze trillingen door interferentie, gedeeltelijk door de wijze van voortplanten naar het perceptie-orgaan. Dit laatste is, volgens BEZOLD, alleen craniotympanaal mogelijk. De trillingen zullen dan echter het trommelvlies of het geleidend stelsel op zijn kant treffen. Zoo ontstaan aan-spanningen en verslappingen van de banden en van de gehoorbeentjes en daarmede een longitu-dinale trillingswijze, die verre achter staat bij de transversale trillingswijze, waarmede de aero-tympanale overdracht plaats heeft. Onderzoekingen van jongeren datum over dit onderwerp zijn spaarzaam en hebben bovendien weinig veranderd aan de oude opvatting, dat de opname van geluidstrillingen door het schedeloppervlak door

de terugkaatsing tot een minimum wordt beperkt en dat door de interferentie de geluidstrillingen het binnenoor niet zullen bereiken. Alleen voor krachtige en hooge tonen zou deze wijze van beengeleiding misschien nog eenige beteekenis hebben. Langs twee wegen zal ik trachten het bestaan van een indirecte beengeleiding in het physiologische hooren aan te toonen en te berekenen. De eerste serie proeven zijn genomen onder afsluiting van de beide uitwendige gehoorgangen. Dat deze methode geen betrouwbare uitkomsten zal geven voor de indirecte beengeleiding is te verwachten. Wanneer we hooren naar een willekeurige, krachtige geluidsbron en de uitwendige gehoorgangen afsluiten met de vingers, dan zal het gedeelte dat we hooren in sterke mate afhankelijk zijn van de min of meer krachtige en goede vingerafsluiting, van de toonshoogte en van den afstand. Om te beginnen moeten we er daarom voor zorgen, dat de vingerafsluiting steeds met dezelfde kracht geschiedt en dat geen geluidstrillingen toch nog het trommelvlies aerotympanaal kunnen bereiken. De stemvorken zijn op de geeikte afstanden geplaatst, zooals deze voor de verschillende personen zijn bepaald.

Het dichthouden der uitwendige gehoorgangen geschiedt door zoo ver mogelijk inbrengen van natte watjes. De watjes zijn zoo groot mogelijk genomen en worden door de vingers nog meer gecomprimeerd. De combinatie van natte watjes plus vingerdruk geven een vrij groote zekerheid, dat geen geluidstrillingen aerotympanaal het

binnenoor kunnen bereiken. Krachtig afsluiten met den vinger is dan niet noodig, en de waarnemers klagen niet over storende nevengeruischen, welke bij een stevig afsluiten met den vinger steeds optreden, vooral als de proeven wat te lang duren.

Bezold [8]) had ook proeven genomen met dubbelzijdige vingerafsluiting. Bij deze proeven werden alle tonen boven de kleingestreepte octaaf gehoord. Hij hechtte aan deze proeven echter geen waarde voor het bepalen van de indirecte beengeleiding, omdat vooreerst de afsluiting niet volkomen kan zijn.

Bovendien zou de vinger geluidstrillingen opvangen en overbrengen naar de lucht in de uitwendige gehoorgang. De vinger trilt dan, alsof de steel van een klinkende stemvork in het oor wordt geplaatst. Ook wordt bij eenvoudige vingerafsluiting de lucht in de uitwendige gehoorgang in trilling gebracht, van de gehoorgangwand uit. Om al deze redenen kan men, volgens Bezold, niet volstaan met een dubbelzijdige afsluiting van de gehoorgangen met de vingers voor het bepalen van de indirecte beengeleiding. In ons geval zal door den vingerdruk op de groote wattenprop de afsluiting volkomen zijn; de opgevangen trillingen door den vinger worden hierdoor tevens gedempt. Dat geluidstrillingen van de gehoorwand op de lucht in de uitwendige gehoorgang overgaan is niet waarschijnlijk, als de watten ver genoeg zijn ingebracht.

In de volgende tabel staan de uitkomsten vermeld, welke op boven beschreven wijze zijn verkregen.

TABEL IV.

Afsluiting van beide ooren met:

Afstand c.M.		Droge watjes	Natte watjes	Gecom= primeerde natte watjes plus vingerdruk	Over= gebleven gehoor= scherpte
C (64 tr.)					
3,5	Dr. de H.	350 μ	500 μ	> 1000 μ	
3	B.	300 „	385 „	„ „	—
4	Zr. R.	330 „	420 „	„ „	
3,5	Zr. H.	375 „	450 „	„ „	
c (128 tr.)					
5	Dr. de H.	45 „	62 „	> 1000 „	
5,5	B.	30 „	46 „	1000 „	
6	v. Es	32 „	45 „	975 „	
6,5	Dr. H.	43 „	56 „	1000 „	—
5,5	Zr. W.	29 „	42 „	950 „	
6,5	Zr. R.	37 „	54 „	> 1000 „	
c_1 (256 tr.)					
22	Dr. de H.	20 „	32 „	775 „	
20	B.	25 „	30 „	780 „	gemiddeld
20	v. Es	18 „	24 „	750 „	0,0329 %
21	Dr. H.	26 „	33 „	820 „	
19	Zr. R.	22 „	29 „	815 „	
20	Zr. W.	27 „	35 „	850 „	

TABEL IV *(Vervolg)*.

Afstand c.M.		Droge watjes	Natte watjes	Gecom-primeerde natte watjes plus vingerdruk	Over-gebleven gehoor-scherpte
c_2 (512 tr.)					
225	Dr. de H.	8 μ	10 μ	175 μ	
220	B.	12 „	17 „	210 „	gemiddeld
215	v. Es	9 „	13 „	180 „	0,151 %
205	Dr. H.	15 „	21 „	240 „	
215	Zr. R.	10 „	18 „	225 „	
220	Zr. W.	16 „	22 „	260 „	
210	Zr. H.	14 „	20 „	275 „	
c_3 (1024 tr.)					
100	Dr. de H.	29 sec.	28,5 „	26 „	
„	B.	28 „	27 „	24 „	gemiddeld
„	v. Es	29,5 „	28 „	25 „	39,06 %
„	Dr. H.	27 „	25 „	23 „	
„	Zr. H.	28,5 „	27,5 „	23,5 „	
„	Zr. W.	26,5 „	24 „	22,5 „	
c_4 (2048 tr.)					
100	Dr. de H.	39 „	37,5 „	36,5 „	
„	B.	38 „	38 „	37 „	gemiddeld
„	v. Es	38,5 „	36,5 „	35 „	51,02 %
„	Dr. H.	37 „	38 „	36,5 „	
„	Zr. H.	36 „	37 „	36 „	
„	Zr. R.	38 „	36 „	35,5 „	

In de eerste twee kolommen van deze tabel zijn de uitkomsten vergeleken, welke verkregen zijn door afsluiten met droge watjes en met natte watjes.

Het groote verschil, vooral ook ten opzichte van de derde kolom, bewijst hoe onvolledig de afsluiting is met een droog watje, waarop in het vorige hoofdstuk reeds is gewezen. Daar was de afsluiting van het afgekeerde oor met nat watje plus vingerdruk verricht, om zeker te zijn, dat geen verschillen zouden ontstaan, tengevolge van een min of meer volledig afsluiten van het afgekeerde trommelvlies bij de verschillende stemvorkproeven.

Het tweede bezwaar van Bezold tegen dergelijke proeven was, dat de afsluitende vinger, gelijk de steel van een stemvork, geluidstrillingen zou overdragen. Dit is hier voldoende weerlegd door het feit, dat de compressie met den vinger, van de, in de uitwendige gehoorgangen gestoken natte watjes, de geluidsperceptie zeer sterk doet dalen in vergelijking tot de afsluiting met natte watjes alleen, zoowel voor de lage als voor de hooge stemvorken. Een andere moeilijkheid bij deze stemvorken is, dat door het afsluiten, het trommelvlies sterker gespannen wordt. Een meerdere spanning van het trommelvlies en geleidend stelsel geeft, volgens Bezold, een toename der beengeleiding. Ook bij deze indirecte beengeleiding zullen dan de opgevangen trillingen gemakkelijker via dit gefixeerde stelsel het binnenoor kunnen bereiken.

Bij de bespreking van den binauralen reflex is gebleken, dat de reflectorische spanningsverhooging

in het trommelvlies, voor zooverre was na te gaan, de gehoorscherpte verminderde tot c^3.

Deze vermindering der aerotympanale geleiding is heel iets anders dan de verandering der beengeleiding bij verhoogde trommelvliesspanning. In de auscultatieproeven is gebleken, dat de proefpersonen dezelfde tonen luider hooren bij luchtcompressie, waarvoor de waarnemers een geluidsverzwakking ausculteerden. Dit komt eigenlijk hierop neer, dat bij de spanningsverhooging van het geleidend stelsel beiderzijdsch de craniotympanale beengeleiding voor de proefpersonen toeneemt. Meer geluidstrillingen zullen dan door middel van het geleidend stelsel naar het binnenoor geleid worden en minder geluidstrillingen zullen op de lucht in de uitwendige gehoorgang overgaan en geausculteerd kunnen worden. Hoe hooger we in de stemvorkreeks komen, des te meer treden deze verschijnselen op den achtergrond. De geluidsvermindering in de overzichtstabel van reeks II voor c^3 kon ook verklaard worden, zooals we zagen, door uitsluiting van het afgekeerde oor voor geluidstrillingen via de lucht, temeer daar van een binauralen reflex, door afsluiten van het afgekeerde oor, niets gehoord kon worden in de auscultatieproeven voor c^3, noch voor c^4. Uit deze waarnemingen zou ik dan ook de conclusie willen trekken, dat van de beengeleiding, de craniotympanale overdracht voornamelijk voor $C=c^2$ van belang is. Een wijziging in de fixatie van trommelvlies of gehoorbeentjes zal zich dan ook direct voor deze tonen doen gevoelen. Dit geldt niet alleen voor

de contactbeengeleiding, maar ook voor de indirecte beengeleiding, voor zooverre, als we voor deze lagere tonen het bestaan van een indirecte beengeleiding kunnen bewijzen.

Voor c_3 is deze overdracht dan twijfelachtig en voor c^4 met groote waarschijnlijkheid van absoluut geen waarde. Voor deze hooge tonen kunnen de geluidstrillingen door beengeleiding gemakkelijker langs andere wegen op het binnenoor overgaan, dan door middel van de gehoorbeentjes. Welke deze wegen zijn is niet te zeggen. Een directe overgang van beenig labyrinthkapsel op het perceptieorgaan, wordt door vele niet voor mogelijk gehouden, omdat dan de membrana basilaris in longitudinale trilling zou geraken in plaats van in transversale. Misschien gaat voor de hooge tonen de overdracht toch nog wel van den beenigen labyrinthwand op de stapesplaat, met als gevolg een transversale trillingswijze van de basaalmembraan. Bij onze proeven met normale gehoororganen, valt dit niet uit te maken. Dat ook bij gefixeerde stijgbeugelplaat de geluidsperceptie toch nog mogelijk is, wordt bewezen door radicaal geopereerden en door oto-sclerose lijders.

Bij deze lijders is de perceptie juist voor de hooge tonen het minst gestoord, de contactbeengeleiding is bij vele toegenomen, niettegenstaande van een cranio-tympanale beengeleiding en van een aerotympanale geleiding weinig sprake kan zijn. Een vergroeide stijgbeugelplaat zou bij hen een transversale trillingswijze van de basaalmembraan niet mogelijk maken. De geluidsoverdracht van beenige labyrinthkapsel op het

labyrinth moet hier dan wel degelijk van belang zijn, anders is de overgebleven gehoorscherpte, die bij deze patienten nog vrij groot kan zijn, niet te verklaren.

Lezen we in tabel IV de overgebleven gehoorscherpte, na afsluiting met natte watjes plus vingerdruk, dan zien we dat voor *C* en *c* niets is overgebleven. Nemen we aan, dat door deze afsluiting ook een eventueel bestaande indirecte beengeleiding zou toenemen, dan wordt de gehoorscherpte voor *c* kleiner dan 0.03 % en voor c_2 kleiner dan 0.1 %. Hoever de uitkomsten nog beneden de opgegeven cijfers liggen, is niet te zeggen. Ook al veronderstellen we, dat de schedel in staat is om van deze stemvorken geluidstrillingen op te nemen, dan weten we niet, in welke mate deze indirecte beengeleiding bij deze wijze van experimenteeren vergroot wordt door een verbeterde cranio-tympanale overdracht door de vingerafsluiting. De hoeveelheid geluidstrillingen, welke door middel van het schedeloppervlak nog waargenomen kunnen worden voor c_2 is derhalve zeer gering, voor c_1 minimaal en voor *C* en *c* nul. Voor c_3 en c_4 zijn deze waarden vrij hoog en vooral wanneer we hierbij in aanmerking nemen, dat de uitkomsten niet of nagenoeg niet zijn vergroot door een toegenomen cranio-tympanale beengeleiding.

Om nu meer zekerheid te krijgen, vooral van de belangrijk hooge waarden van de indirecte beengeleiding voor c_3 en c_4, heb ik een nieuwe reeks proeven genomen (fig. 4 en 5). Hiervoor zijn twee opstellingen noodig. De eerste reeks proeven zijn

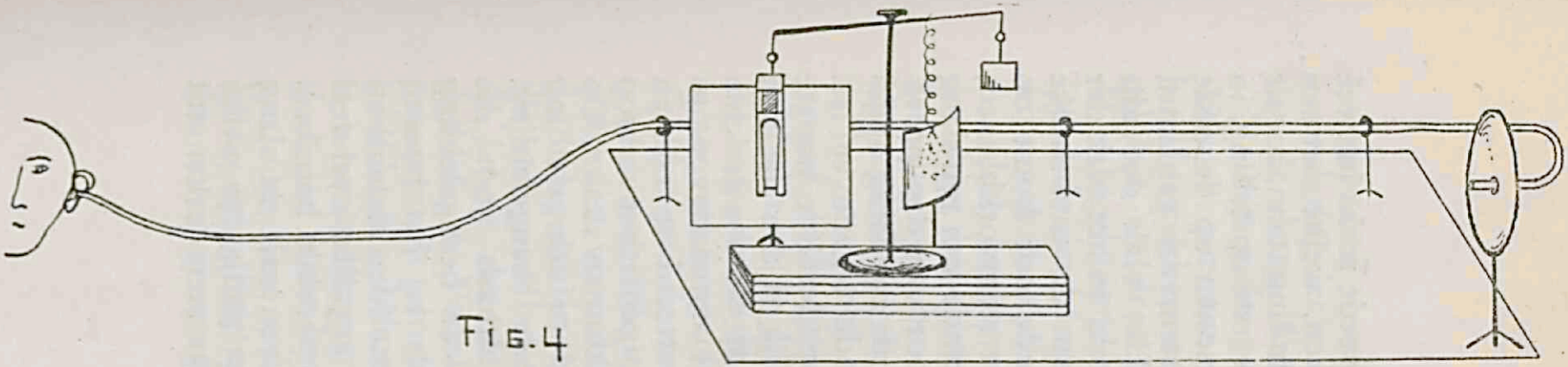

Fig.4

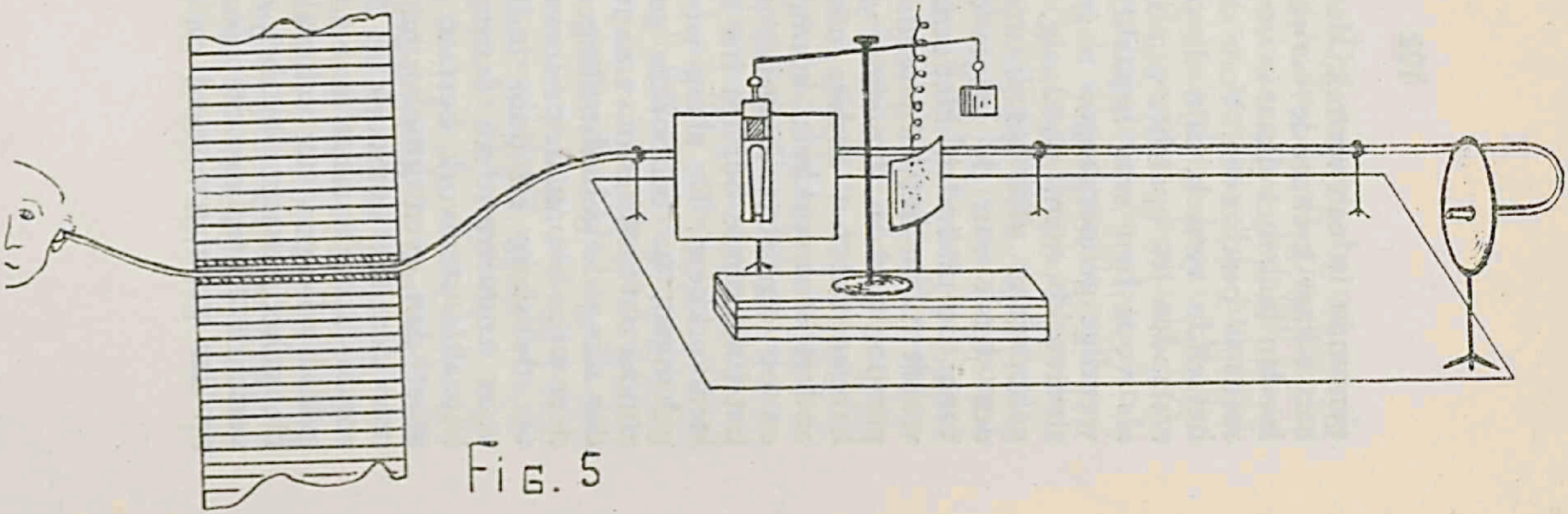

Fig. 5

genomen in een vertrek; de tweede reeks in twee aan elkaar grenzende vertrekken, welke met een looden buis met elkaar in verbinding staan, zooals reeds is beschreven. Voor de eerste opstelling, in hetzelfde vertrek, zijn de personen op dezelfde afstanden ten opzichte van de stemvork geplaatst, als voor hen was bepaald. Het vlak der uitwendige gehoorgangen is gesteld in het vlak der stemvorkbeenen, zoodanig, dat de uitwendige gehoorgang van het luisterende oor komt op een derde van de lengte der stemvorkbeenen, vanaf de uiteinden. Het eene einde van een slang wordt nu in het luisterende oor van den proefpersoon gedaan. De slang wordt zoodanig opgehangen dat het andere uiteinde tegenover het andere stemvorkbeen komt, op dezelfde hoogte en op een afstand, welke gelijk is aan die van het luisterende oor tot het naar dit oor gerichte stemvorkbeen. De slang wordt aan statieven opgehangen, na behoorlijk gewatteerd te zijn en zonder dat knikken of vernauwingen in het verloop der slang de geluidstrillingen kunnen storen. Op deze wijze hooren de personen door luchtgeleiding via de slang en door indirecte beengeleiding, voor zooverre deze laatste althans voor die bepaalde stemvork bestaat. Deze beengeleiding moet dan even groot zijn, als bij het hooren naar dezelfde stemvork op denzelfden afstand en zonder slang, omdat in beide gevallen evenveel geluidstrillingen het schedeloppervlak bereiken. De gehoorscherpte in de proeven met de slang verschilt echter van die zonder slang, bij welke op den geijkten afstand de lage stemvorken tot

1 μ gehoord worden. Dit verschil berust op de verandering der luchtgeleiding door het inschakelen van de slang. Hierop komen we dadelijk terug.

Na een reeks proeven met dezelfde stemvork voor een persoon, wordt de slang door de looden buis getrokken en de proeven herhaald. Vergelijken we deze opstelling met de eerste, dan is de luchtgeleiding door de slang dezelfde gebleven. Dezelfde slang is gebruikt en ze is ook op dezelfde wijze aan de statieven opgehangen, zoodat geen meerdere bochten ontstaan. Er is voor gezorgd, dat door het inbrengen van de looden buis, geen vernauwingen op die plaats veroorzaakt worden. Het eene einde van de slang houdt de proefpersoon in het oor; het andere einde is op denzelfden afstand en hoogte, ten opzichte van de stemvork geplaatst, als in de eerste opstelling het geval was. De afstand van de stemvork tot den proefpersoon is zooveel mogelijk hetzelfde gehouden, terwijl de dikte van de muur in rekening is gebracht. Dit is niet mogelijk voor C, c en c_1, omdat de geijkte afstanden voor deze stemvorken kleiner zijn dan de dikte van de muur. Voor deze stemvorken is dit van geen belang, zooals later zal blijken, als de lengte der slang in beide opstellingen maar dezelfde is. Voor c_3 en c_4 is de afstand in alle proeven op een meter gehouden. In het vorige hoofdstuk is vermeld, dat de c_4 nog even te hooren is in het andere vertrek, omdat de geluidstrillingen door den muur heen kunnen gaan, buiten de slang om. Om deze reden moet de afstand voor c_4 in beide opstellingen volkomen gelijk zijn; alleen dan kunnen we dezen factor bepalen en de fout

herstellen, die we anders zouden maken. In de tweede opstelling wordt de stemvork gehoord door de luchtgeleiding via de slang, en hier is een eventueele indirecte beengeleiding uitgesloten, omdat geen geluidstrillingen buiten het trommelvlies om het schedeloppervlak kunnen bereiken. De luchtgeleiding door de slang is in beide opstellingen dezelfde; het verschil geeft ons dus een maat voor de indirecte beengeleiding. Alvorens we tot de uitkomsten dezer proeven overgaan, moet ik eerst nog enkele bijzonderheden vermelden, betreffende de verandering der gehoorscherpte, door het gebruik maken van de slang. Door de slang kan de uitwendige gehoorgang, als 't ware verlengd gedacht worden, tot de vrije opening van deze, welke opening op denzelfden afstand van de stemvork is geplaatst, als in de vroegere proeven, het luisterende oor. Werd de stemvork toen echter tot 1 μ gehoord op den bekenden afstand, dan blijkt, dat nu vele seconden langer dan 1 μ wordt gehoord, behalve voor de c_3 en de c_4, waarvoor de gehoortijd juist kleiner wordt. Een kleinere amplitudo dan 1 μ kan niet afgelezen worden. De langere gehoorduur kan dus alleen maar bepaald worden. Zoo is voor C de gehoorduur, bijvoorbeeld gemiddeld voor de verschillende personen 8 seconden langer, dan de trillingstijd van de maximale amplitudo tot 1 μ. Werd getracht om door het nemen van een langere slang op denzelfden afstand van proefpersoon en stemvork het minimum perceptibile voor C bij 1 μ te krijgen, dan moet de slang minstens 5,5 Meter lang zijn.

Dat de oorzaak van de verandering van den ge-

hoorduur ten deele moet worden toegeschreven aan de gecompliceerde trillingswijze in slangen of buizen met open uiteinden, vooral in ons geval, waar het eene einde nog in de gehoorgang wordt gehouden, laat zich begrijpen. Evenwel kunnen ook oorzaken buiten de slang gelegen aansprakelijk gesteld worden voor den verlengden gehoorduur. De afstand van de stemvork tot de vrije opening der slang is hetzelfde gebleven als de oude afstand van het luisterende oor tot de stemvork; de geluidsafname tot deze opening is dan ook gelijk aan de geluidsafname van de stemvork tot het luisterende oor zonder de slang. De opening der slang is evenwel grooter, dan de gehooropening van het luisterende oor. Door het inbrengen van de slang, wordt de tragus naar voren gedrukt. De geluidsgolven behoeven nu niet om den tragus heen te buigen. Houden we echter rekening met het buigingsvermogen der geluidsgolven, dan komen we juist tot tegengesteld resultaat, omdat tonen met langere golflengten, dus de laagste tonen, het grootste buigingsvermogen bezitten. Het naar voren brengen van den tragus zou dan voor de lage tonen van veel minder belang zijn, dan voor de hooge tonen, terwijl wij juist door het inbrengen van de slang een verkorting van den gehoorduur krijgen voor de hooge stemvorken en een verlenging voor de lage. Afgezien van de mogelijkheid, dat de veranderde buiging van de geluidsgolven toch nog wel van invloed is, moeten we toch meer waarde hechten aan de omstandigheid, dat door het naar voren drukken van den tragus meer geluidstrillingen het trommel-

vlies kunnen bereiken. Hiermede is in overeenstemming, dat juist de lage tonen, waarvoor het trommelvlies van het grootste belang is, met de slang het langst gehoord worden. Hoe hooger de tonen, des te kleiner is het verschil in gehoorduur met en zonder slang. Voor c_3 en c_4 deed zich alleen de verkorting van den gehoorduur gelden door het inbrengen van de slang. De slang zelf zal waarschijnlijk den gehoortijd alleen verkorten, wanneer de invloed der grootere gehooropening zich niet deed gevoelen. Ik heb daarvoor eenige proeven genomen met verschillende slanglengten. Enkele zijn even lang genomen, als een vierde van de golflengten der stemvorktonen, waarbij de eigen toon der slang overeenkomt met den grondtoon van de stemvork. De slang was daarbij aan haar vrije uiteinde zoo ingericht, dat de lengte over eenige c.M. gewijzigd kon worden. Het was op die manier echter niet mogelijk om een bepaalde slanglengte te verkrijgen, waarbij door resonnantie de gehoorduur verlengd zou worden. Wordt de slang korter gemaakt, dan neemt de gehoorduur toe, terwijl bij een langere slang de gehoorduur afneemt, zooals wij zagen bij de 5,5 Meter lange slang voor C. Door resonnantie kan de lange gehoorduur dus niet verklaard worden. Bovendien blijven de tonen voor de waarnemers zuiver; ze worden niet van karakter veranderd door een resonnantie van boventonen. We komen nu terug op de veronderstelling, dat de stemvorken tot c_3 langer gehoord worden, omdat de grootere hoeveelheid geluidstrillingen, welke het trommelvlies bereiken, door het inbrengen

der slang, grooter is dan het geluidsverlies, hetgeen door de slang zelf veroorzaakt wordt.

Brengen we in de vrije opening der slang een trechtertje, dan wordt de C, welke zonder trechtertje gemiddeld 8 seconden lang wordt gehoord na de amplitudo van 1 μ, thans gemiddeld 12—14 seconden gehoord na 1 μ. Vernauwen we de vrije opening, dan kunnen we de geluidshoeveelheid zoo regelen, dat het minimum perceptibile ligt bij 1 μ. Voor c_1 moet de opening vernauwd worden tot 2 m.m. diameter, opdat de toon tot 1 μ worde gehoord. Deze kleine opvangopening van de slang werd gesteund, door het inbrengen van dit gedeelte in een passende opening van een plankje, dat ongeveer de grootte en vorm heeft van de sagittale doorsnede van een hoofd. Dit plankje is aan het statief bevestigd en dient er voor om de omstandigheden zooveel mogelijk gelijk te maken aan die bij het normale hooren, voornamelijk wat betreft de terugkaatsing der geluidstrillingen en de opname door de slang, die als uitwendige gehoorgang moet dienst doen. Voor een goede isolatie met watten is zorg gedragen, om te voorkomen, dat geluidstrillingen van het plankje op de slang overgaan. Voor iedere stemvork en voor iederen persoon is de opening op deze wijze geregeld, zoodat het minimum perceptibile bij 1 μ ligt. Met de moeilijkheden van de veranderde trillingswijze in de slang hebben we dan geen rekening te houden.

Aan de vermindering van den gehoorduur voor de hooge tonen viel evenwel niet veel te doen. Wel is het mogelijk om, door het inbrengen van een

trechter, den gehoorduur te verlengen, maar het aantal seconden, dat voor deze stemvorken is opgegeven voor den afstand van 1 meter zonder slang, kan niet bereikt worden. Wel opvallend is het, dat voor deze tonen, waarvoor, zooals aan het einde van dit hoofdstuk zal blijken, de indirecte beengeleiding van veel belang is, een grootere opvangopening van zoo weinig invloed is. Voor de bepaling van de indirecte beengeleiding, is de kortere gehoorduur voor de hooge tonen van niet veel waarde, omdat voor beide opstellingen het nadeel van deze luchtgeleiding door de slang in gelijke mate aanwezig is. Voor de lage stemvorken, waar het om kleine verschillen van 1 " gaat, kunnen we deze moeilijkheid gelukkig opheffen; de berekening van de gehoorscherpte zou anders niet mogelijk zijn. Ook zijn we dan niet zoo afhankelijk van de lengten der slangen, die voor de C b.v. veel kleiner moet zijn dan voor c_2, omdat de geëischte afstanden vrij sterk uiteenloopen.

Een andere moeilijkheid, waarop ik nog moet wijzen, is ook hier weer het meehooren van het andere oor door luchtgeleiding. In hetzelfde vertrek kunnen geluidstrillingen, buiten de slang om, het afgekeerde oor bereiken. Het meehooren van dit oor door luchtgeleiding moeten we voorkomen, omdat dit in het andere vertrek niet mogelijk is en we daardoor verkeerde resultaten zouden krijgen voor de indirecte beengeleiding. In tabel VI is een overzicht gegeven van het meehooren van het van de stemvork afgekeerde oor. De uitkomsten toonen aan, dat

we met dezen factor vooral voor c_3 rekening moeten houden. Door de afsluiting van het afgekeerde oor met nat watje plus vingerdruk zullen geen geluidstrillingen het afgekeerde trommelvlies meer bereiken, maar zal tevens de gehoorscherpte voor het luisterende oor worden verminderd, overeenkomstig de besprekingen over den binauralen accomodatie-reflex. Dit is hier van geen belang als we, bij beide opstellingen, de waarnemers het afgekeerde oor laten afsluiten. Op deze wijze voorkomen we het meehooren van het andere oor door luchtgeleiding in hetzelfde vertrek, terwijl het nadeel van de afsluiting van het andere oor voor het luisterende oor, door den binauralen accomodatie-reflex opgeheven wordt, door ook in het andere vertrek dit oor dicht te houden.

Ten slotte dient nog vermeld te worden, dat voor de c_4 enkele proeven zijn voorafgegaan. De proefpersonen zitten daarbij, als voor de tweede opstelling, in het andere vertrek. Ze hebben nu niet de slang in het oor, maar sluiten beide uitwendige gehoorgangen af met een nat watje plus vingerdruk. Zij zullen dan de geluidstrillingen van c_4 hooren, welke door den muur dringen en welke buiten het trommelvlies om worden waargenomen. Deze uitkomsten moeten we in rekening brengen, omdat we anders fouten maken bij het berekenen der indirecte beengeleiding voor c_4.

TABEL V.

Bepaling van de indirecte beengeleiding met de slang.

		Zonder muur	Met muur	Indirecte beengeleiding
C voor alle personen		1 μ	1 μ	0 %
c	„ „ „	1 „	1 „	0 „
c_1	„ „ „	1 „	1 „	0 „
c_2	„ „ „	1 „	1 „	0 „
c_3	Dr. de H.	32 sec.	28,5 sec.	
	B.	31 „	27,5 „	gemiddeld
	v. Es	31,5 „	27 „	34,77 %
	Dr. H.	32 „	28 „	
	Zr. R.	29,5 „	25,5 „	
	Zr. H.	30,5 „	26 „	
c_4	Dr. de H.	41 „	35 „	
	B.	40,5 „	35,5 „	gemiddeld
	v. Es	38,5 „	33 „	58,13 %
	Dr. H.	40 „	34,5 „	
	Zr. R.	38 „	33,5 „	
	Zr. H.	37 „	32 „	

Voor C tot en met c_2 worden in beide opstellingen de tonen tot 1 μ gehoord. Voor de eerste opstelling is de geluidstoevoer op de boven beschreven wijze zoo geregeld, dat het minimum perceptibile precies bij 1 μ ligt. Het aanwezig zijn van den muur tusschen stemvork en waarnemer blijkt derhalve geen verandering der gehoorscherpte te geven. Wel is dit het geval voor c_3 en c_4. We nemen voor de berekening c_3 als voorbeeld:

Zonder muur wordt deze stemvork met de slang gemiddeld 31 sec. gehoord. Met den muur wordt de gehoorduur verkort tot 27 sec. Uit de ijkingstabel van het open veld voor c_3 blijkt de geluidsintensiteit na 27 seconden $\frac{(130)^2}{105^2}$ maal grooter te zijn, dan na 31 seconden. De gehoorscherpte is $\frac{(105)^2}{(130)^2}$ maal kleiner en zal, als we 100 voor de normale gehoorscherpte stellen, door de tweede opstelling afgenomen zijn tot $\frac{(105)^2}{(130)^2} \times 100 = 65{,}23\ \%$ Het verschil van $100\ \% - 65{,}23\ \% = 34{,}77\ \%$ is dan een maat voor de hoeveelheid geluidstrillingen, welke van c_3 door het hoofd kunnen worden opgevangen, zonder directie tusschenkomst van trommelvlies en de keten van gehoorbeentjes.

Op dezelfde manier berekend, bedraagt de indirecte beengeleiding voor c_4 58.31 %. Van c_4 moeten we nog in rekening brengen de geluidstrillingen, welke door den muur heendringen. Wanneer de waarnemers in het andere vertrek beide uitwendige gehoorgangen afsluiten met natte watjes plus vingerdruk, dan hooren zij de c_4 gemiddeld 5 seconden. Op een afstand van ongeveer 300 meter wordt de c_4 in het open veld 5 seconden gehoord. De indirecte beengeleiding voor c_4 moet daarom verhoogd worden met $\frac{1}{(300)^2} \times 100\ \%$. Dit kleine bedrag verandert aan de uitkomst van 58.13 % niet veel. Voor deze gehoorproeven is het dan ook voldoende, als we als maat voor de

indirecte beengeleiding aannemen voor c_3 35 % en voor c_4 58 % van het physiologische hooren. Voor een nauwkeuriger berekening zijn dergelijke proeven toch nog te grof. Wanneer we bedenken, hoe buitengewoon moeilijk het is voor de proefpersonen om juist aan te geven, wanneer een stemvork is uitgeklonken, de groote invloed van de vermoeidheid, welke door de groote inspanning en de voortdurende herhalingen, niet te voorkomen is, dan is het begrijpelijk dat deze uitkomsten slechts als een gemiddelde waarde mogen worden opgevat.

Vergelijken we deze uitkomsten met die, welke vermeld staan in tabel IV, dan valt direct op, dat de verschillen gering zijn. Voor c_3 vinden we daar 39 % en voor c_4 51 %. Het verschil voor c_3 bedraagt slechts 4 %. Daar deze proeven een absolute nauwkeurigheid nooit kunnen waarborgen, mag aan dit verschil niet veel beteekenis gehecht worden. Heel goed mogelijk zou het kunnen zijn, dat dit verschil berust op de verhoogde spanning van het geleidend stelsel door de afsluiting van beide gehoorgangen in tabel IV. De cranio-tympanale beengeleiding zou dan voor c_3 wel eenige beteekenis moeten hebben, al kan deze niet groot zijn. Had de cranio-tympanale geleiding voor c_3 een grootere waarde, dan zou hiervan ook wel iets waargenomen moeten worden in de auscultatie-proeven.

Voor c_4 zou ik naar aanleiding van het voorgaande, de indirecte beengeleiding van 58 % als een zuiver cranieele geleiding willen opvatten. In de auscultatieproeven voor c_4 pleit ook niets voor een craniotympanale beengeleiding. Dit percentage wordt dan door het hoofd opgenomen

buiten het trommelvlies om en voor de verdere geleiding er van naar het binnenoor, is de keten der gehoorbeentjes niet noodzakelijk. Het verschil tusschen de gevonden waarden voor c_4 is eveneens niet met zekerheid te verklaren. Wel lijkt het mij van belang om er op te wijzen, dat waar de beengeleiding voor den hoogen toon van zooveel waarde is, de geluidstrillingen ook gemakkelijk door de armen kunnen worden opgenomen in de proeven, waar we de beide ooren met de vingers afsluiten. De mogelijkheid, dat de extremiteiten geluidstrillingen kunnen opnemen is reeds lang bekend (MADER, BEZOLD). Bovendien zullen bij deze proeven de geluidstrillingen misschien minder goed het schedeloppervlak bereiken, tengevolge van den naar de geluidsbron toegekeerden arm.

In tabel VII staat vermeld de belangrijke stoornis der beengeleiding, welke ontstaat door te intensieve fixatie van den schedel door een dubbelzijdige krachtige afsluiting der beide gehoorgangen. Deze vermindering is juist het grootst voor c_4, voor welken toon de waarde der indirecte beengeleiding ook het grootste is. Het verschil van 7 % voor c_4 in tabel IV en V zou daarom opgevat kunnen worden, als een gestoorde beengeleiding voor c_4 om bovengenoemde redenen, tengevolge van de afsluiting van beide ooren met de vingers.

Van C tot en met c_2 kan van een beengeleiding niets aangetoond worden met de laatst beschreven methode van onderzoek. In tabel IV vinden we voor c_1 en c_2 nog wel geringe waarden voor de beengeleiding, welke bovendien als maximale

moesten worden beschouwd door de verhoogde spanning van het trommelvlies. Daar we voor $C—c_2$ voornamelijk de craniotympanale overdracht mogelijk achten, voorzooverre het de contactbeengeleiding betreft, zal ook de perceptie van een indirecte beengeleiding voor $C=c_2$ mogelijk zijn, als de overdracht cranio-tympanaal gemakkelijk kan plaats hebben. Dit was het geval bij de proeven met dubbelzijdige oorafsluiting, door de verhoogde spanning van het trommelvlies. Alleen dan kunnen de eventueel opgevangen geluidstrillingen voor deze lagere tonen tot perceptie komen. Bij het physiologische hooren, waar trommelvlies en keten van gehoorbeentjes in normale omstandigheden zijn, zullen de geluidstrillingen, welke door het schedeloppervlak worden opgenomen, het binnenoor waarschijnlijk in het geheel niet bereiken. Dit komt overeen met wat BEZOLD zegt over het opnemen van geluidstrillingen door den schedel, zonder dat een perceptie mogelijk is. Alle factoren in aanmerking genomen, zou ik aan het einde van deze bespreking, de uitkomsten vermeld in tab. V, als maatstaf willen beschouwen voor het aandeel der indirecte beengeleiding in het physiologische hooren. Alleen voor c_3 en c_4 speelt deze beengeleiding dan een rol. Op grond van de geringe waarden voor c_1 en c_2 in tab. IV en het ontbreken van een indirecte beengeleiding met de slangmethoden, acht ik het waarschijnlijk dat van deze tonen wel geluidstrillingen opgenomen kunnen worden door beengeleiding, maar dat ze niet gepercipieerd kunnen worden. Dat deze uitkomsten alleen van waarde zijn voor de stemvork als geluidsbron,

en niet voor sterkere geluidsbronnen, laat zich van te voren niet met zekerheid zeggen. Speciale onderzoekingen zijn hiervoor noodig en kunnen practisch van groot belang zijn, wanneer we bedenken hoe groot het aandeel der beengeleiding reeds is voor c_4. Vooral hooge en intensieve geluiden, zooals deze in fabrieken dikwijls gehoord worden, kunnen het gehoororgaan groote schade toebrengen, welke niet te voorkomen is, door een eenvoudig afsluiten der uitwendige gehoorgangen. Of deze beschadiging van het gehoororgaan op rekening gesteld moet worden van de indirecte beengeleiding, lijkt naar aanleiding van dit hoofdstuk wel aannemelijk, vooral als het percentage voor de hoogere tonen nog grooter wordt.

HET BINAURALE HOOREN.

In aansluiting aan het hoofdstuk over de waarde van de indirecte beengeleiding bij hooren naar een stemvork op afstand, kan het meehooren van het, van de stemvork afgekeerde oor, van naderbij beschouwd worden. Reeds herhaaldelijk is er op gewezen, dat dit meehooren gedeeltelijk door luchtgeleiding en gedeeltelijk door beengeleiding geschiedt.

Vooral het meehooren van het afgekeerde oor, door beengeleiding, is in de kliniek van belang, omdat we dezen factor niet uit kunnen schakelen bij het bepalen van de gehoorfunctie voor ieder oor afzonderlijk. BEZOLD hield met deze beengeleiding rekening voor de diagnose van eenzijdige totale labyrinthverwoesting. Volgens hem is boven a^1 een meehooren door beengeleiding, welke hij als craniotympanale beengeleiding beschouwt, aanwezig en beneden a^1 niet. Wel kunnen de geluidstrillingen van lagere tonen de schedelbeenderen aan den anderen kant bereiken door beengeleiding; een perceptie van deze trillingen is echter niet mogelijk. Door middel van een houten staaf, waarover een slang zit, kon BEZOLD de geluidstrillingen, van de tonen beneden a^1, aan den anderen kant van het hoofd ausculteeren, terwijl de proefpersonen deze tonen niet konden

hooren. Zooals reeds vermeld is, wordt de overdracht van geluidstrillingen naar het afgekeerde oor, algemeen opgevat als een voortplanting langs craniotympanalen weg van de geluidstrillingen, welke door het luisterende trommelvlies worden opgevangen. Deze vorm van beengeleiding, die we intracranieele beengeleiding kunnen noemen, zou in geen geval het gevolg zijn van een indirecte beengeleiding.

In hoeverre de intracranieele beengeleiding een rol speelt, naast de indirecte beengeleiding, is niet te zeggen. Aan de indirecte beengeleiding van $C=c^2$ heb ik geen waarde toegekend. Dit sluit evenwel niet uit, dat geluidstrillingen, welke door het luisterende trommelvlies worden opgenomen craniotympanaal het andere oor kunnen bereiken.

Gaan we namelijk van het standpunt uit, dat geluidstrillingen van deze lagere tonen, welke langs aerotympanalen weg het oor binnendringen, gemakkelijker op de schedelbeenderen kunnen overgaan, dan bij de indirecte beengeleiding het geval is, dan is het ook begrijpelijk, dat het afgekeerde oor craniotympanaal kan meehooren, terwijl een perceptie van de, door indirecte beengeleiding opgenomen, geluidstrillingen voor de stemvorken van $C=c^2$ niet mogelijk is. De groote waarde van een craniotympanale overdracht van de beengeleiding voor $C=c^2$ is in het hoofdstuk over den binauralen accomodatie-reflex duidelijk geworden, wat betreft de contact-beengeleiding. Een geringe verandering in spanning van het geleidend stelsel deed zich voor deze stemvorken direct gevoelen, zoowel voor de proefpersonen

met de stemvork op het hoofd, als voor de waarnemers, die de geluidsvermindering auscul= teerden. Voor de c^3 en c^4 kunnen we den be= langrijken invloed van het trommelvlies en de keten van gehoorbeentjes, met deze proeven, niet aantoonen. Voor c^4 zou ik de beengeleiding in het algemeen, als een zuiver cranieele willen opvatten en voor c^3 grootendeels. Dit geldt zoowel voor de contactbeengeleiding, voor de indirecte beengeleiding, als voor de intracranieele beenge= leiding. Van dezen laatsten vorm van beengeleiding kunnen we dan voor c_3 en c_4 niet spreken, omdat ze voor de c^3 grootendeels en voor c^4 geheel in de indirecte beengeleiding opgenomen zal zijn. Dit komt hierop neer, dat de geluidstrillingen van c^3 en c^4, welke door indirecte beengeleiding opge= nomen worden, niet alleen door het luisterende, maar ook door het afgekeerde oor, gehoord worden. Of daarnaast toch nog een belangrijke intracranieele beengeleiding bestaat, zooals voor de lagere tonen, is voor c^4 niet waarschijnlijk, omdat het opper= vlak, waardoor de geluidstrillingen op de schedel= beenderen kunnen overgaan, bij de aerotympanale geleiding veel kleiner is, dan het zooveel grootere schedeloppervlak bij de indirecte beengeleiding.

TABEL VI.

Afsluiting van het naar de stemvork gekeerde oor met nat watje plus vingerdruk.

C		
Dr. de H.	> 1000 μ	meehooren van het
B.	„ „ „	afgekeerde oor door
Zr. R.	„ „ „	luchtgeleiding
Zr. H.	„ „ „	0 %.

c

Dr. de H.	750 μ	
B.	650 „	idem
v. Es.	725 „	gemiddeld
Dr. H.	680 „	$0{,}0388 \times 17{,}54 =$
Zr. W.	675 „	0,68 %.
Zr. R.	700 „	

c_1

Dr. de H.	220 μ	
B.	250 „	$(0{,}168 \times 7{,}1) - 0{,}0329 =$
v. Es.	200 „	1,159 %.
Dr. H.	225 „	
Zr. R.	160 „	
Zr. W.	175 „	

c_2

Dr. de H.	18 μ	
B.	24 „	$(2{,}44 \times 2{,}03) - 0{,}151 =$
v. Es.	20 „	4,80 %.
Dr. H.	22 „	
Zr. W.	25 „	
Zr. R.	20 „	
Zr. H.	26 „	

c_3

Dr. de H.	27 sec.	
B.	26,5 „	$44{,}44 - 34{,}77 =$
v. Es.	25 „	9,67 %.
Dr. H.	23 „	
Zr. H.	25,5 „	
Zr. R.	24 „	

c_4

Dr. de H.	38,5 sec.	
B.	37 „	$59{,}11 - 58{,}13 =$
v. Es.	38 „	0,98 %
Dr. H.	35 „	
Zr. H.	37,5 „	
Zr. R.	36 „	

In tabel VI zijn proeven genomen door afsluiten van het luisterende oor met een nat watje, gecomprimeerd door vingerdruk. De geluidstrillingen kunnen dan niet aerotympanaal het dichtstbijzijnde trommelvlies bereiken.

Een eventueele intracranieele geleiding kan dan alleen optreden door geluidstrillingen, welke door indirecte beengeleiding het hoofd binnendringen. Naar aanleiding van het vorige hoofdstuk is dit alleen voor c_3 en voor c_4 in belangrijke mate het geval. Daarnaast kan het andere, niet afgesloten, oor meehooren door luchtgeleiding. De vraag doet zich nu voor of de uitkomsten in deze tabel voor C-c_2 overeenkomen met de luchtgeleiding van het afgekeerde oor. Dit is niet het geval. Volgens tabel IV en V zullen de geluidstrillingen, welke van c_1 en c_2 door indirecte beenleiding opgenomen worden, tot perceptie komen, als het geleidend stelsel gespannen wordt door vingerafsluiting. Zulk een spanningsverhooging krijgen we ook hier, niet alleen aan het afgesloten oor, maar ook reflectorisch aan het andere oor.

Beschouwen we in tabel VI de uitkomsten van c, c_1 en c_2, dan zullen deze getallen derhalve te klein zijn door het wegvallen der intracranieele beengeleiding door de afsluiting van het dichtstbijzijnde oor. Aan den anderen kant wordt dit te kort in zekere mate opgeheven door het tot perceptie komen van de, door indirecte beengeleiding opgenomen geluidstrillingen van deze tonen, door de verhoogde spanning van het geleidend stelsel, van beide ooren. In hoeverre

deze factoren elkaar opheffen is niet te zeggen. Dat de laatste factor klein is, zagen we in tabel IV voor c_1 en c_2. Hoe groot de eerste factor is, is niet uit te maken. Het meehooren van het afgekeerde oor, door lucht- en beengeleiding, bij het physiologische hooren, is voor $C-c_2$ op deze manier dus niet bepaald. Wel kunnen we de uitkomsten, vermeld in deze tabel, voor C, c^1 en c^2, als maat beschouwen van het meehooren door luchtgeleiding. Voor c_1 en c_2 moeten we deze uitkomsten dan verminderen met die, welke vermeld staan in tabel IV, voor deze stemvorken. Bij de berekening van deze luchtgeleiding voor c moeten we als volgt te werk gaan: Gemiddeld hooren de proefpersonen de stemvork tot 697 μ. Dit komt overeen met een overgebleven gehoorscherpte van 0,0388 %. Door het dichthouden van een oor wordt de gehoorscherpte van het luisterende oor, voor C verminderd tot $\frac{1}{17,5}$ gedeelte van 100 %, zooals we kunnen afleiden uit de overzichtstabel van reeks II. Daar vinden we, dat bij afsluiting van het afgekeerde oor met nat watje plus vingerdruk, de gehoorschepte 5,7 % wordt. De gehoorscherpte voor c bij deze proeven, moet derhalve met 17,5 worden vermenigvuldigd. Deze uitkomst groot 0,68 % geeft het bedrag van het meehooren van het afgekeerde oor door luchtgeleiding voor c.

Op dezelfde wijze berekend, krijgen we voor c_1 1,1928 %. Deze uitkomst moet nog verminderd worden met 0,0329 %. Dit getal wordt in tabel IV aangegeven voor c_1 en moet beschouwd

worden als dat gedeelte, dat door indirecte beengeleiding wordt opgenomen en nu, tengevolge van de afsluiting van het dichtstbijzijnde trommelvlies, tot perceptie komt. Het verschil groot 1,1599% is voor c_1 een maat voor de luchtgeleiding van het afgekeerde oor. Voor c_3 en c_4 zal door de vingerafsluiting van het dichtstbijzijnde oor, aan de beengeleiding niets veranderd worden bij het meehooren van het andere oor. Hier is de intracranieele beengeleiding opgenomen in de indirecte beengeleiding, welke in het vorige hoofdstuk is berekend. Voor deze stemvorken is de berekening van het meehooren door luchtgeleiding voor het andere oor dus veel eenvoudiger, daar het meehooren door beengeleiding overeenkomstig tabel V voor c_3 35% en voor c_4 58% is. Voor c_3 is de overgebleven gehoorscherpte 44,4%. Het meehooren door luchtgeleiding voor dit oor bedraagt 44,4% — 35% = 9,4%. Voor c_4 is de overgebleven gehoorscherpte 59,1%. Het meehooren van het afgekeerde oor door deze luchtgeleiding is voor deze stemvork dan niet grooter dan 1%. Voor deze stemvork is de beengeleiding van zooveel belang, dat het afgekeerde oor nagenoeg niet meehoort door luchtgeleiding.

Aan het einde van dit hoofdstuk kom ik tot de volgende conclusies:

1e. Het gedeelte van het meehooren, van het van de stemvork afgekeerde oor, dat door luchtgeleiding plaats heeft, kan voor de stemvorken C tot en met c_4 ten naastenbij worden bepaald.

2e. het meehooren door luchtgeleiding is voor c reeds aanwezig.

3e. Voor c_3 en c_4 is het meehooren door beengeleiding gelijk aan de gevonden waarden voor de indirecte beengeleiding voor c_3 en c_4.
4e. het meehooren door luchtgeleiding is voor c_4 weer kleiner dan voor de lagere stemvorken.

Na deze uiteenzetting is het van belang om enkele punten naar voren te brengen, in verband met den binauralen accomodatiereflex. Aan het einde van dat hoofdstuk waren eenige veronderstellingen gemaakt over het ontstaan van de gehoorscherptevermindering, wanneer het, van de stemvork afgekeerde oor, wordt dichtgehouden. Een van die veronderstellingen was, dat de geluidsvermindering zou ontstaan, omdat tengevolge van de afsluiting van het afgekeerde oor, het meehooren door luchtgeleiding aan dit oor was uitgesloten. Tabel IV toont voldoende aan, dat deze veronderstelling niet juist kan zijn. Een zoo groote gehoorscherptevermindering komt niet overeen met de luchtgeleiding van het afgekeerde oor, welke voor C nul is, en dan slechts weinig toeneemt. Bovendien was gewezen op de vermindering van de gehoorscherpte voor c_3. Deze bedraagt ongeveer 10 % en komt dus overeen met de luchtgeleiding van het andere oor. Op grond van deze uitkomsten en omdat in de auscultatieproeven niets bleek van een gevoeligheid van dezen toon voor een spanningsverhooging van het trommelvlies, kom ik tot het besluit, dat de vermindering der gehoorscherpte voor c_3 door afsluiten van het afgekeerde oor, niet het gevolg is van den binauralen accomodatiereflex, maar van de uitsluiting voor dit afgekeerde

oor voor de geluidstrillingen door de lucht. Hoe hooger de tonen, des te kleiner wordt derhalve de invloed van een verhoogde spanning van trommelvlies en keten van gehoorbeentjes voor de luchtgeleiding van deze tonen. Terwijl de geringste spanningsverandering zich direct voor de lage tonen doet gevoelen, merken we daar voor c_3 en c_4 niets van. Misschien is het toch voor c_3 nog wel het geval, maar we kunnen het niet aantoonen. Deze uitkomsten en de versterking der contactbeengeleiding in de auscultatie-proeven, waren voor mij een reden om de beengeleiding in het algemeen, en zoo ook de indirecte beengeleiding alleen voor c_3 en c_4, als een cranieele beengeleiding op te vatten.

HET BELANG VAN DE INDIRECTE BEENGELEIDING BIJ HET BEPALEN VAN DE GEHOORSCHERPTE EN DE VERGELIJKING VAN DEZE MET DE CONTACTBEENGELEIDING.

Uit de vorige proeven is steeds gebleken, hoe belangrijk het trommelvlies en de keten van gehoorbeentjes is voor de lage tonen en de groote waarde van de indirectie beengeleiding voor het physiologische hooren van de hooge tonen. Dat de belangrijke gehoorfunctie van radicaal geopereerden en van otosclerose patiënten, welke soms nog over kan zijn, door deze uitkomsten verklaard zou worden, is zonder voorafgaande onderzoekingen niet met zekerheid te zeggen. Het bewijs hiervoor te leveren is buitengewoon moeilijk. We moeten dan vooreerst zeker zijn, dat het labyrinth intact is. Dit is op zich zelf al een eisch, waaraan eigenlijk niet voldaan kan worden. Wanneer de gehoorscherpte van beide ooren van een patiënt verschillen, is de gehoorscherpte, van ieder oor afzonderlijk, niet precies na te gaan. Het meehooren van het andere oor door beengeleiding, de zoogenaamde intracranieele beengeleiding voor de lage tonen, is in het vorige hoofdstuk bovendien ook een onbekende gebleven. Wij krijgen bij deze patiënten

zooveel onbekende factoren, die niet zijn op te sporen, dat het doen van nauwkeurige physiologische proeven niet mogelijk is. Alleen met patiënten, die aan beide ooren het geleidend apparaat missen, zou iets te bereiken zijn, voornamelijk voor de bepaling van de indirecte beengeleiding. We moeten dan de overtuiging hebben, dat beide gehoorzenuwen niet beschadigd zijn, iets wat vooral bij dubbelzijdig radicaal geopereerden een groote zeldzaamheid is. De enkele patiënten, die uit het register dat over jaren loopt opgezocht en aangeschreven konden worden, bleken bij onderzoek absoluut ongeschikt te zijn. Een onderzoek met dergelijke proeven bij patiënten zou over jaren moeten loopen. Hierbij komt nog, dat het intellect van de meeste patiënten van dien aard is, dat we aan hun uitkomsten niet veel waarde kunnen hechten.

Men moet voor deze proeven een zekere geschiktheid hebben. Voor het groote aantal uren, dat noodig is om betrouwbare uitkomsten te verkrijgen, zijn er niet vele te vinden. Bij mijn onderzoek bleek, dat nerveuse personen absoluut ongeschikt zijn. Ook is men dikwijls niet gedisponeerd om op een bepaalden, te voren afgesproken tijd zijn gehoororgaan intensief in te spannen, vooral als de proeven wat lang duren.

Opvallend is het, hoe de verschillende proefpersonen moesten leeren, om een constante uitkomst te geven. Bij het begin van mijne proefnemingen liepen de opgaven zeer uiteen. Na veel oefening werd een vrij groote gelijkmatigheid verkregen, zooals uit de tabellen blijkt. Dat dit

geen toeval kan wezen, spreekt van zelf. Zij, die met de noodige toewijding, deze hoogte bereikt hadden, gaven steeds, ook na maanden, dezelfde uitkomsten. Voor controle is dit herhaaldelijk nagegaan. Een niet ingewijde, gaf altijd de meest uiteenloopende getallen.

De meeste menschen zijn nu eenmaal niet gewend om naar een toon aandachtig te hooren. Dat een zeker muzikaal gevoel hiervoor noodig is, blijkt niet juist te zijn. Enkele muzikale personen, die zich eenige malen voor deze proeven leenden, gaven zeker even slechte resultaten, als de niet ingewijde. Het voornaamste is een normaal gehoororgaan en geduld. Vooral om deze laatste reden konden verschillende personen niet in de tabellen opgenomen worden, omdat het mijn bedoeling was, om de geheele serie proeven met dezelfde personen te nemen. Ik heb mij dan ook tot het doen van uitsluitend physiologische proeven moeten beperken. Voor het normale hooren gaven zij in ieder geval een inzicht in de opname van geluidstrillingen van de stemvork, met en zonder het trommelvlies.

Om het belang van de indirecte beengeleiding voor de perceptie van de hooge tonen, langs een anderen weg duidelijk te maken, heb ik getracht om door de volgende proeven eenigen invloed uit te oefenen op de beengeleiding en dan na te gaan of de gehoorscherpte hierdoor verandert.

In tabel VII heb ik de gehoorscherpte bepaald als beide ooren intensief door vingerdruk worden afgesloten.

TABEL VII.

Vermindering der indirecte beengeleiding door intensieve afsluitingen der beide uitwendige gehoorgangen.

	Met intensieven vingerdruk		met boog	
C				
Dr. de H.	> 1000 μ		< 1000 μ	
B.	„ „ „	vermindering der	„ „ „	vermindering der
Zr. R.	„ „ „	beengeleiding 0.	„ „ „	beengeleiding 0.
Zr. H.	„ „ „		„ „ „	
c				
Dr. de H.	> 1000 μ		1000 μ	
B.	> 1000 „	vermindering der	> 1000 „	vermindering der
v. Es.	1000 „	beengeleiding 0.	975 „	beengeleiding 0.
Dr. H.	975 „		950 „	
Zr. W.	> 1000 „		1000 „	
Zr. R.	1000 „		> 1000 „	
c_1				
Dr. de H.	825 μ		750 μ	
B.	775 „	vermindering der	800 „	vermindering der
v. Es.	780 „	beengeleiding 0	820 „	beengeleiding 0
Dr. H.	900 „	0,0326 en 0,0329	850 „	0,0327 en 0,0329
Zr. R.	800 „		750 „	
Zr. W.	750 „		850 „	
c_2				
Dr. de H.	250 μ		200 μ	
B.	250 „	vermindering der	250 „	vermindering der
v. Es.	180 „	beengeleiding	150 „	beengeleiding 0
Dr. H.	280 „	0,132 % en 0,151 %.	225 „	0,143 % en 0,151 %.
Zr. R.	300 „		275 „	
Zr. W.	280 „		300 „	
Zr. H.	220 „		240 „	

c_3				
Dr. de H.	18 sec.		23 sec.	
B.	14 „	vermindering der	21 „	vermindering der
v. Es.	15 „	beengeleiding	20 „	beengeleiding
Dr. H.	16,5 „	34,77 − 6,25 % =	21,5 „	34,77 − 20,66 % =
Zr. H.	13 „	28,52 %.	18,5 „	14,11 %.
Zr. W.	14,5 „		22 „	
c_4				
Dr. de H.	24 sec.		29 sec.	
B.	23 „	vermindering der	26,5 „	vermindering der
v. Es.	25,5 „	beengeleiding	28,5 „	beengeleiding
Dr. H.	24,5 „	58,13 − 1,23 % =	27 „	58,13 − 7,11 % =
Zr. H.	22 „	56,90 %.	25,5 „	51,02 %.
Zr. W.	20,5 „		26 „	

Direct valt het groote verschil op tusschen de uitkomsten van c_3 en c_4 in deze tabel, vergeleken met die van tabel IV. In beide gevallen zijn beide uitwendige gehoorgangen afgesloten, nu echter met intensieven vingerdruk. Daar het de bedoeling is, om na te gaan of de beengeleiding veranderd kan worden door te krachtigen druk, heb ik de vingerafsluiting ook hier weer op een nat watje laten uitoefenen. We zouden anders de kans loopen, dat niettegenstaande de intensieve afsluiting, toch nog geluidstrillingen areotympanaal het binnenoor bereikten, waardoor we verkeerde conclusies zouden trekken. Met nadruk is er bij de proefpersonen op aangedrongen om zoo krachtig en gelijkmatig mogelijk te drukken.

De uitkomsten van C tot en met c_2 zijn in beide tabellen nagenoeg gelijk. In het algemeen leert ons deze tabel dus, dat de invloed van dubbelzijdigen

intensieven vingerdruk zich alleen doet gevoelen voor de twee hooge stemvorken. Alvorens we op de verklaring van deze verschijnselen ingaan, moeten we enkele proeven vooraf laten gaan.

Plaatsen we iemand een stemvork op het hoofd, bijv. *c* en verzoeken we om beide ooren met de vingers te sluiten, dan wordt de toon direct veel duidelijker gehoord en tevens meer in het hoofd waargenomen. Dit komt volkomen overeen met wat in het literatuuroverzicht hierover is geschreven, al loopen de verklaringen ervan uiteen. (Weber, Mach, Lucae, Gellé, Bezold).

Volgens Mach zouden meer geluidstrillingen het binnenoor bereiken en minder geluidstrillingen naar buiten kunnen afvloeien, door de fixatie van het geleidend stelsel, tengevolge van de vingerafsluiting. Met de microphoonmethode bewees Mader, dat deze cranio-tympanale beengeleiding via de stapesplaat zou geschieden en niet door middel van het trommelvlies. Hierdoor zijn de moeilijkheden, welke deze opvatting met zich brengt, grootendeels opgeheven. Ook Gellé geeft een dergelijke verklaring van de cranio-tympanale beengeleiding. Verzoeken we nu de persoon, die de c^1 stemvork op het hoofd heeft, om intensief met de vingers te drukken, dan wordt de toon niet sterker maar zwakker gehoord.

Mach sprak van een wegdrukken van den toon. Dit laatste is niet mogelijk voor deze stemvork, wel was het zwakker worden voor de meeste personen heel duidelijk.

Wij gaan nu de contactbeengeleiding voor alle

stemvorken na. Plaatsen we achtereenvolgens bij alle proefpersonen de verschillende stemvorken op het hoofd, dan blijkt vooreerst, dat van een lage stemvork de toon bij stevig contact veel sterker wordt, dan wanneer de stemvork direct boven het hoofd wordt gehouden, ongeveer op 1 c.M. afstand, dus zonder direct contact met den schedel. *C* wordt bijv. boven het hoofd gehouden, zonder contact, in het geheel niet gehoord en met contact zeer luid. c wordt ook zonder contact duidelijk gehoord, met contact veel luider. Voor c_1 en c_2 wordt het verschil steeds kleiner. Voor c_3 kan in de helft van de gevallen ongeveer niet worden aangegeven of de toon met direct contact duidelijker is dan zonder contact. Wanneer de c_3 boven het hoofd wordt gehouden en zonder contact voor de persoon is uitgeklonken, dan wordt slechts door een enkele, zoo nu en dan eens aangegeven, dat ze den toon weer hooren, als de stemvork op het hoofd gedrukt wordt. Voor de c_4 kan niemand meer zeker aangeven of de toon met contact duidelijker is dan zonder contact. Voor dezen toon worden de geluidstrillingen even goed zonder als met contact door het hoofd opgenomen. Deze proeven zijn genomen voor het geval dat de ooren niet met de vingers werden dichtgehouden. We zouden voor c_4 derhalve ook kunnen zeggen, dat de beengeleiding, zoowel voor met als zonder contact, van geen waarde is, omdat de opname uitsluitend door de trommelvliezen zou plaats hebben. Herhalen we echter deze proeven, als we de ooren bovendien met vingers plus natte watjes afsluiten, dan

zien we, dat het verschil opschuift in de richting der hooge tonen. Zoo wordt nu ook c en c_1 niet gehoord boven het hoofd zonder contact en veel duidelijker dan zoo even met contact. Nu blijkt ook, dat voor c_4 een verschil optreedt, al is dit veel kleiner dan voor de andere stemvorken.

In de auscultatieproeven, welke zijn beschreven in het hoofdstuk over den binauralen reflex, vonden we geen geluidstoename voor de proefpersonen voor contactbeengeleiding bij fixatie van het geleidend stelsel, zelfs niet met den POLITZER-ballon.

De vermeerdering der geluidsperceptie voor c^4 bij gesloten ooren in deze proeven, kan hier dus niet toegeschreven worden aan de verbeterde craniotympanale geleiding door de vingerafsluiting, zooals bij de lage stemvorken, omdat we voor dezen toon een zuiver cranieele beengeleiding hebben aangenomen. Geluidstrillingen welke gemakkelijk door den schedel kunnen worden opgenomen, kunnen evenwel ook gemakkelijk weer afvloeien. Voor c^4 kunnen we met eenige waarschijnlijkheid veronderstellen, dat de door den schedel opgenomen geluidstrillingen weer, voor een gedeelte, kunnen overgaan op de lucht in de uitwendige gehoorgangen en zoo naar buiten kunnen afvloeien. Beletten we deze afvloeiïng naar buiten, door de ooren af te sluiten, dan hoort de proefpersoon meer. In de auscultatieproeven, welke vroeger besproken zijn, wordt wel het geleidend stelsel min of meer gefixeerd, de geluidstrillingen van de c_4 worden echter niet belet om naar buiten af te vloeien, vandaar dat

de waarnemers ook geen geluidsvermindering konden ausculteeren. Het feit dus, dat we de c_4 door contactbeengeleiding eveneens duidelijker hooren met gesloten ooren dan met niet gesloten ooren, is geen bewijs tegen de in de vorige hoofdstukken aangenomen cranieele beengeleiding voor c_4. Dat er, zooals we zooeven zagen, geen verschil bestaat in toonsterkte voor c_4, bij met contact en niet gesloten ooren en bij plaatsing van de stemvork boven het hoofd, wordt duidelijk, wanneer we aannemen, dat voor dezen toon de indirecte beengeleiding nagenoeg even groot is, als de contact-beengeleiding. Dat de indirecte beengeleiding hier niet even groot is, als de vroeger bepaalde voor c_4, waar de geluidstrillingen heel anders het schedeloppervlak treffen, laat zich begrijpen.

We laten nu de proefpersonen de ooren afsluiten door intensieven vingerdruk. Er is reeds gewezen op de verzwakking voor c_1 bij intensieven vinger-druk. Voor C en c is deze verzwakking niet te verkrijgen. Voor c_1 is zij niet voor alle personen duidelijk en voor c_2, c_3 en c_4 voor welke stemvorken de versterking bij niet intensieven vingerdruk steeds kleiner wordt, wordt juist de verzwakking door intensieven vingerdruk steeds grooter. Wanneer de intensiteit voor c_4 niet te groot meer is, is het verschillende personen mogelijk, om de c_4 als het ware geheel weg te drukken.

Als verdere bijzonderheid kan nog vermeld worden het localiseeren van de stemvorktonen in het hoofd bij contactbeengeleiding. Zonder dubbelzijdige oorafsluiting is dit voor alle stem-

vorken heel moeilijk. In ieder geval wordt algemeen aangegeven, dat de tonen C=c^2 door het hoofd gehoord worden, terwijl voor c_3 en c_4 geen andere gewaarwording verkregen wordt, dan wanneer de stemvork boven het hoofd gehouden wordt zonder contact. Voor de c_4 is dit heel opvallend; zij hooren dezen toon, alsof de stemvork naast het hoofd geplaatst is, zooals bij alle vorige proeven. Wellicht moet de oorzaak van deze slechte localisatie bij contact-beengeleiding voor c_4 gezocht worden in de omstandigheid, dat bij deze beengeleiding, zoowel als bij de indirecte beengeleiding van het physiologische hooren, de overdracht naar het labyrinth een cranieele is. Voor de lage stemvorken zullen de geluidstrillingen cranio-tympanaal het labyrinth bereiken, 't geen meer overeenkomt met het normale aero-tympanale hooren. Het betere localiseeren in het hoofd bij contact-beengeleiding voor de lage stemvorken, door dichthouden van beide ooren, berust dan op een toegenomen cranio-tympanale beengeleiding, tengevolge van deze afsluiting.

De contactbeengeleidingproeven, zooals deze hier zijn nagegaan, zijn in het algemeen een bevestiging, voor datgene wat in de vorige hoofdstukken over been- en luchtgeleiding is geschreven. Tevens leeren ze, dat het mogelijk is om de beengeleiding te verminderen door te intensieve fixatie van het hoofd met de vingers, althans voor zooverre dit de c_3 en c_4 betreft. Voor de c_1 en c_2 konden we ook een verzwakking der toon verkrijgen, al was deze veel minder duidelijk dan voor c_3 en c_4. In tabel VII krijgen we echter geen

vermindering voor c_1 en c_2 door intensieven vingerdruk, als we deze uitkomsten vergelijken met die van c_1 en c_2 in tabel IV. De contact-beengeleidingproeven kunnen hier evenwel niet vergeleken worden met de proeven van deze tabellen, waar de beengeleiding alleen een indirecte kan wezen, welke voor c_1 en c_2 te klein is, om voor het physiologische hooren in aanmerking te komen.

Hier is het van belang om te weten of de beengeleiding in het algemeen verminderd kan worden door intensieven vingerdruk. Proeven met contactbeengeleiding hebben dit bewezen. Passen we dit nu toe op de groote vermindering in gehoorscherpten bij intensieven vingerdruk bij het physiologische hooren, dan kunnen we deze vermindering der gehoorscherpte, welke veel grooter is dan wanneer we beide ooren afsluiten met natte watjes plus vingerdruk, toeschrijven aan een gestoorde beengeleiding door te sterken vingerdruk. Hierdoor is tevens verklaard, waarom tusschen de uitkomsten voor C-c_2 in tabel VII en IV geen verschil is, aangezien voor deze stemvorken practisch geen indirecte beengeleiding bestaat. De oorzaak van deze vermindering der beengeleiding kan moeilijk een andere wezen, dan de fixatie van het hoofd door den dubbelzijdigen vingerdruk. Hierdoor kunnen de geluidstrillingen zich minder goed door de beenderen voortplanten. Of daarbij de geluidstrillingen langs de armen kunnen afvloeien is gedeeltelijk zeker waar. Plaatsen we een stetoscoop op de middenhandbeentjes of vingergewrichten, dan is de afvloeiende toon te auscultteeren. Op den onderarm hooren we met auscultatie

niets. Of de vermindering der beengeleiding kleiner wordt als we deze afvloeing van geluidstrillingen tegen gaan, heb ik met de volgende proef trachten na te gaan. Een halve c.M. dik stuk koperdraad wordt zoodanig gebogen, dat de veerkracht aan de uiteinden zoo groot mogelijk is, en dat de hoogte van den boog ongeveer 20 c.M. is. Door, al naar gelang de spanning van den boog, de uiteinden meer of minder van elkaar te trekken, kunnen we den boog over het hoofd heen brengen, zoodanig dat de uiteinden op de uitwendige gehoorgangen komen. De uiteinden zijn 1 c.M. omgebogen naar binnen, zoodat daarop gemakkelijk stevige caoutchoucdoppen bevestigd kunnen worden, welke nu in horizontale richting de uitwendige gehoorgangen met kracht afsluiten. In de uitwendige gehoorgangen worden eerst flinke watten proppen gedaan. Daardoor is de druk minder pijnlijk, terwijl de afsluiting geen geluidstrillingen meer tot de trommelvliezen toelaat. De kracht waarmede gedrukt wordt, kan nog geregeld worden door de boogeinden, alvorens ze over het hoofd te brengen, dichter bij elkaar te halen. Van de grootte van de kracht is op deze wijze niets anders te zeggen, dan dat ze met den meest intensieven vingerdruk zeker gelijk staat.

In de tweede kolom van tabel VII staan de uitkomsten met dezen boog verkregen, vermeld. Voor $C=c^2$ zijn deze ongeveer dezelfde als met intensieven vingerdruk. Voor c_3 en c_4 is de vermindering der gehoorscherpte niet zoo groot met den boog.

De geluidstrillingen kunnen, met den boog vooreerst minder goed afvloeien door de watte-

prop en den caoutchoucdop. Zeer waarschijnlijk is nog, dat de boog met het hoofd als een geheel trilt. Ten deele zal dit laatste zeker wel het geval zijn, maar niet geheel, anders zou het verschil tusschen de op deze wijze verkregen uitkomsten, met de gehoorscherpte na afsluiting met natte watjes plus vingerdruk niet zoo groot zijn. Hier kan ook nog vermeld worden, dat bij plaatsing van de c_4 op het hoofd, de geluidswaarneming door contactbeengeleiding minder wordt, als de uitwendige gehoorgangen met dezen boog worden afgesloten. Worden de ooren daarentegen dichtgehouden met natte watjes plus niet intensieven vingerdruk, en wordt de boog dan op het hoofd geplaatst, in een richting loodrecht op de eerste, dan is een geluidsvermindering niet aan te geven. Wel viel het op, dat als de boog eerst in de richting voorhoofd, achterhoofd geplaatst was, dat dan een dubbelzijdige niet intensieve vingerafsluiting, niet de geluidsversterking geeft, welke zoo straks is beschreven. Ook dit bewijst dus, dat de geluidsperceptie van de c_4 afneemt tengevolge van een vermindering der beengeleiding door middel van den boog.

Berekenen we de vermindering der gehoorscherpte in tabel VII, dan blijkt dat door den intensieven vingerdruk voor c_3 6,25 % en voor c_4 1,23 % over blijft. De indirecte beengeleiding wordt derhalve op deze wijze voor c_3 van 34.77 % tot $^{10}/_{55}$ gedeelte teruggebracht en voor c_4 van 58.13 % tot ongeveer $^{1}/_{47}$ gedeelte.

Hieruit volgt, dat geluidstrillingen, welke gemakkelijk door den schedel kunnen worden

opgevangen, zooals de geluidstrillingen van de c_4 stemvork, ook gemakkelijk òf onderdrukt òf naar buiten afgeleid kunnen worden.

De uitkomsten met den boog toonen aan, dat hiermede de beengeleiding in lang zoo sterke mate niet verminderd kan worden. Met den boog bedraagt de gehoorscherpte voor c_3 20,66 % en voor c_4 7,11 %.

De overeenkomstige gehoorscherpten na afsluiting van beide ooren met watjes plus vingerdruk in tabel VI en na afsluiting met intensieven vingerdruk of met den boog in tabel VII voor de stemvorken C-c_3 kunnen slechts een bewijs zijn, dat voor deze stemvorken practisch geen indirecte beengeleiding bestaat.

Het belang van deze getallen is niet alleen van klinischen, maar ook van maatschappelijken aard. Voor de kliniek volgt er uit, dat we bij het bepalen van de gehoorfunctie van een oor, nooit het andere oor te stevig moeten laten dichtdrukken. Een eenvoudig afsluiten van het afgekeerde oor, plus nat watje, is voldoende om het meehooren door luchtgeleiding te voorkomen. Door te intensief drukken loopen we het gevaar, dat we de indirecte beengeleiding voor de hooge stemvorken verminderen, 't geen tevens een vermindering van de gehoorscherpte van het luisterende oor tengevolge heeft. De vermindering der gehoorscherpte voor c_4 in de overzichtstabel van reeks II zou ik op rekening van de gestoorde indirecte beengeleiding willen schrijven.

Voor de tonen C-c_3 is het afsluiten van het afgekeerde oor af te raden, omdat de ver-

mindering der gehoorscherpte van het luisterende oor, welke hierdoor ontstaat, door den binauralen accomadatie-reflex grooter is, dan het meehooren van het afgekeerde oor door luchtgeleiding volgens tabel VI.

In fabrieken waar sterke en vooral hooge tonen het gehoor zouden kunnen beschadigen, kan het van belang zijn, om na 't geen er over de indirecte beengeleiding gezegd is, dit zintuig op een meer afdoende wijze te beschermen.

Vooral voor de hooge tonen moet niet alleen het trommelvlies tegen te sterke geluiden beschermd worden, maar moeten we het geheele behaarde hoofd door een voldoend dikke kap gevuld met trichopièse bedekken. We kunnen dan de indirecte beengeleiding tot een minimum beperken, als de rand van de kap, welke tot over de ooren moet reiken, goed afsluit. De binnenwand van de kap moet op eenigen afstand van het schedeloppervlak blijven; twee bitemporaal aangebrachte fixatiepunten, kunnen dan misschien de geluidstrillingen, welke nog doorgaan, verder onschadelijk maken. Dat zulk een kap vele technische en sociale moeilijkheden met zich meebrengt is duidelijk. Toch zou een toepassing van dergelijke geluidsbeschermers in bepaalde omstandigheden van nut kunnen zijn.

CONCLUSIES.

1. Voor het onderzoek met stemvorken in de kliniek dient rekening gehouden te worden met het bestaan van een binauralen accomodatie-reflex. Hieronder moet verstaan worden eene reflectorische spanningsverhooging van het geleidend stelsel, welke opgewekt wordt door een sensibelen prikkel, van het andere oor. Of deze sensibele prikkel van het trommelvlies uitgaat, en of hij óok bij een gewone vingerafsluiting van de uitwendige gehooropening berust op de luchtdrukverhooging in de uitwendige gehoorgang, is niet met zekerheid te zeggen.
2. De reflectorische spanningsverhooging van het geleidend stelsel van het luisterend oor is alleen van invloed voor de perceptie van de tonen tot de driegestreepte octaaf. Bij het onderzoek naar de gehoorfunctie van een oor met de stemvorken tot de driegestreepte octaaf, moeten we het van de stemvork afgekeerde oor niet dichthouden. De vermindering der gehoorscherpte, welke daardoor ontstaat, is grooter, dan het meehooren van het afgekeerde oor door luchtgeleiding, terwijl het meehooren van dit oor door intracranieele beengeleiding toch niet voorkomen kan worden.
3. Voor het hooren naar een geluidsbron op

afstand zijn het de tonen tot de driegestreepte octaaf, waarvan de geleiding uitsluitend door middel van het trommelvlies en de keten van gehoorbeentjes plaats heeft. Voor de hoogere tonen zullen ook geluidstrillingen door het hoofd, buiten het trommelvlies om, opgenomen worden en tot perceptie komen. Dat gedeelte van het physiologische hooren, dat we „het hooren door indirecte beengeleiding" noemen, wordt van steeds meer belang, hoe hooger de toon is.

4. Ook van de tonen van de één en van de tweegestreepte octaaf kunnen waarschijnlijk geluidstrillingen door het schedeloppervlak worden opgenomen; ze worden echter niet gepercipieerd. Misschien is dit voor sterkere geluidsbronnen wel het geval; deze conclusies gelden evenwel uitsluitend voor de stemvork als geluidsbron.
5. De indirecte beengeleiding voor hooge stemvorken moet opgevat worden als een zuiver cranieele beengeleiding.
6. Voor het meehooren van het van de stemvork afgekeerde oor, speelt deze cranieele indirecte beengeleiding een belangrijke rol. Hoe hooger de toon is, des te grooter is ook deze factor voor het afgekeerde oor en des te kleiner is het aandeel in het meehooren van dit afgekeerde oor door luchtgeleiding.
7. Het meehooren van het afgekeerde oor door luchtgeleiding begint met de kleingestreepte octaaf en neemt toe tot de driegestreepte octaaf om daarna weer af te nemen.

8. Wanneer bij het onderzoek van de gehoorfunctie van een oor met stemvorken boven de driegestreepte octaaf het andere oor wordt dichtgehouden, mag de vingerdruk niet te intensief zijn. Hierdoor wordt de indirecte beengeleiding en daardoor ook de gehoorscherpte van het luisterende oor ongunstig beïnvloed.
9. Vooral een dubbelzijdige intensieve vingerafsluiting zal, evenals een ander intensief contact met het hoofd, de indirecte beengeleiding storen en daarmede de gehoorscherpte doen verminderen.
10. In localen waar krachtige, hooge geluiden het gehoorzintuig zouden kunnen beschadigen, is het gewenscht om geluidskappen te dragen, welke de indirecte beengeleiding tot een minimum beperken.

LITERATUUROPGAVEN, IN DEN TEKST GENOEMD.

1. Adels, Methoden voor objectieve geluidsmeting. Onderzoek. Phys. Lab. Utrecht V, reeks XIV.
2. Barth, Zur differentiellen diagnostiek der erkrankung des Schallleitenden und Schallempfindenden Apparates. Zeitschrift für Ohrenheilkunde. Bd. 15, 1885.
3. Barth, Das decrement abschwingender Stimmgabeln. Z. f. O. Bd. 18, 1888.
4. Barth, Die bestimmung der Hörschärfe. Z. f. O., Bd. 18, 1888.

5*a*. Bezold, Statistische ergebnisse über die diagnostische Verwertbarkeit des Rinne'schen Versuches. Z. f. O., Bd. 17, 1887.

5*b*. Bezold, Nachtrag zur Statischen ergebnisse über die diagnostische Verwertbarkeit des Rinne'schen Versuches. Z. f. O., Bd. 18, 1888.

6. Bezold, Ein apparat zum aufschreiben der Stimmgabelschwingungen und bestimmung der Hörschärfe nach richtigen Preportionen mit, Hilfe desselben. Z. f. O., Bd. 33, 1898.
7. Bezold, Die Horprüfung mit Stimmgabeln bei einseitiger Taubheit und die Schlüsse, welche sich daraus für die Knochenleitung und für die Funktion des Schallleistungsapparates ziehen lassen. Z. f. O., Bd. 45.
8. Bezold, Untersuchungen über Knochenleitung und Schallleitungsapparat im Ohr. Z. f. O., Bd. 48, 1904.
9. Bloch, Das binaurale Hören. Z. f. O., Bd. 24, 1893.
10. Bloch, Die Methode der centripetalen Pressionen und die Diagnose der Stapesfixation. Z. f. O., Bd. 25, 1894.

11. Boenninghaus, Beitrag zur Theorie der Schallleitung, 1903.
12. Boenninghaus, Theorie der Schallleitung Z. f. O., Bd. 49, 1905.
13. Brunner, Zur diagnostischen Verwerthung des Verhälltnisses zwischen Luft und Knochenleitung. Z. f. O. Bd. 12, 1881.
14. Burger en Zwaardemaker. Leer der oorheelkunde, 1905.
15. Escat. Technique Oto-Rhino-Laryngologique, 1911.
16. Edelmann, Leitfaden der Akustik für Ohrenärzte, 1911.
17. Ewald, Die centrale Entstehung von Schwebungen zweier monotisch gehörten Töne. Pflüger's Archiv Bd. 57., 1894.
18. Frey. Eine neue methode der Bestimmung der Kopfknochenleitung, Monatschrift f. Ohrenheilkunde und Laryngo-Rhinologie. Heft V, Jahrg. 45.
19. Frey, Die ankylose des Hammer-Ambossgelenkes. Archiv f. Ohrenheilkunde, Bd. 61.
20. Frey, Die physiologische Bedeutung der Hammer-Amboss-verbindung, Archiv. f. die gesamte Physiologie v. Pflüger, Bd. 139
21. Frey, Experimentelle Studiën über die Schallleitung im Schädel. Zeitschrift für psychologie und physiologie der Sinnesorgane, Bd. 28.
22. Frey, Weitere Untersuchungen über die Schallleitung im Schädel. Z. f. psych. u. phys. der Sinnesorgane, Bd. 33.
23. Gellé, De l'audition et de l'auscultation du diapason vertex. etc. Annales des maladies de l'oreille, du larynx, etc. Sept. 1890.
24. Gellé, Otite et paralysie faciale, Ann. des mal, etc. Nov. 1890.
25. Gellé, Audition et paralysie faciale. Innervation des muscles tympaniques, Ann. des Mal. etc., August. 1890.
26. Gellé, De la valeur semiotique de l'epreuve du diapason vertex, IIIième congrés otologique internat. Bâle 1885.
27. Gellé, Des pressions centripètes. Thèse. Paris 1895.

28. Gellé, Accomodation de l'ouïe. Compte rendus des scéances de la Societé de Biologie, Oct. 1881.
29. Gellé, Précis des Maladies de l'oreille, Paris 1885.
30. De Groot, Het doorlatingsvermogen van verschillende stoffen voor geluid. Ned. Tijdschrift v. geneesk. Deel I, 1910.
31. Habermann, Ueber die Schwerhörigkeit der Kesselschmiede. A. f. O., Bd. 30.
32. Hammerschlag, Ueber die Reflexbewegung des Musculus tensoc tympanie und ihre centralen Bahnen. A. f. O., Bd. 48, 1899.
33. Harless, Vorlesungen aus dem Gebiet der Physiologie und Psychologie, 1853.
34. Hartmann, Die graphische Darstellung der Resultaten der Hörprüfung mit Stimmgabeln. Z. f. O., Bd. 17, 1887.
35. Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik, 1863.
36. Helmholtz, Die Mechanik der Gehörknöchelchen und das Trommelfells, Pflüger's Archiv. Jahrg. I, 1868.
37. Hensen, Ueber die Accomodationsbewegung im menschlichen Ohr. Pflüger's Archiv. Bd. 87, 1901.
38. Laret, Waarde der stemvorkproeven voor de diagnostiek der oorziekten. Dessert., Amsterdam 1919.
39. Lorentz, Leerboek der Natuurkunde. Deel II.
40. Lincke, Handbuch der theoretischen und praktischen Ohrenheilkunde, Bd. I., 1837.
41. Lucae, Die sogenannte Knochenleitung und deren Verhältniss zur Schallfortpflanzung durch die Luft, im gesunden und kranken Zustande. A. f. O., Bd. I., 1864.
42. Lucae, Weitere Untersuchungen ueber die sogenannte Kopfknochenleitung. A. f. O., Bd. V, 1870.
43. Lucae, Ueber carieuse und traumatische Labyrinthläsionen etc. A. f. O., Bd. 47, 1899.
44. Mach, Über einige der physiologischen Akustik angehörige

Erscheinungen. Sitzungsberichte der Math-Naturwissensch Classe der Kais. Akad. der Wissenschaften in Wien. II. Abth., Bd. 50, 1864.

45. Mach, Zur Theorie des Gehörorgans, idem, II Abth., Bd. 48, 1863.
46, Mader, Mikrophonische Studiën am Schallleitenden Apparate des menschlichen Gehörorgans, idem, III Abth., Bd. 109, 1900.
47. Müller. Handbuch der Physiologie des Menschen, Bd. II, 1840.
48. Nagel, Handbuch der Physiologie. Bd. III.
49. Nikiforowsky—Zwaardemaker, Afvloeiing van geluidsernergie uit het hoofd tijdens het spreken en bij het stemvorkonderzoek der beengeleiding. Ned. Tijdschr. v. Geneesk., Deel I, 1912.
50. Ono, Over intensiteitsverhouding bij den tensorreflex. Onderzoek. Phys. Lab. Utrecht, V, Reeks XVII, 1916.
51. Ostmann, Lehrbuch der Ohrenheilkunde, 1907.
52. Ostmann, Von objektiven zum einheitlichen Hörmasz. Z. f. O., Bd. 51.
53. Politzer, Untersuchungen über Schallfortpflanzung und Schallleitung im Gehörorgane. A. f. O., Bd. I, 1864.
54. Politzer, Lehrbuch der Ohrenheilkunde, 1908.
55. Polanzky, Grundrisz zu eine Lehre von den Ohrenkrankheiten, 1842.
56. v. Roijen, Over het geluidsvraagstuk in ziekenhuizen. Dissert, Utrecht, 1920.
57. Rinne, Beiträge zur Physiologie des menschlichen Ohres. Prager Vierteljahrschrift f. d. pract. Heilkunde, Bd. 1, 1855.
58. Steinbrügge, Ueber Stimmgabelprüfungen. Z. f. O., Bd. 18, 1888.
59. Spijkerboer, Doorlatingsvermogen voor geluid. Dissert., Utrecht, 1913.

60. Schmiegelow, Eine neue methode, die Quantität des Hörvermögens vermittelst Stimmgabeln zu bestimmen. A. f. O., Bd. 47, 1899.
61. Idem, A. f. O., Bd. 49, 1900.
62. Schwartze, Die wissenschaftliche Entwicklung der Ohrenheilkunde. A. f. O., Bd. I, 1864.
63. Schmalz, Erfahrungen über die Krankheiten des Gehöres und ihre Heilung, 1846.
64. Schwabach, Ueber den Wirth des Rinne'sche Versuches für die Diagnostiek der Gehörkrankheiten. Z. f. O., Bd. XIV, 1885.
65. v. Tröltsch, Lehrbuch der Ohrenheilkunde, 1881.
66. Urbantschitsch, Ueber die von der Höhe des Stimmgabeltones und von der Applicationsstelle abhängige Schallleitung durch die Kopfknochen. A. f. O., Bd. XII, 1877.
67. Waar, Microscopische waarnemingen van de functie der middenoorspieren bij den mensch. Dissert., Leiden 1920.
68. Wheatstone,, Experiments on Audition Quarterly Journal of Science. July to December 1827.
69. Wolf, Sprache und Ohr. Braunschweig, 1871.
70. Quix, Bestimming der Gehörscharfe auf physikalischer Grundlage. Z. f. O., Bd. 45, 1903.
71. Quix, Die Stimmgabel als Tonquelle in der Otologie und Physiologie. Z. f. O., Bd. 47, 1904.
72. Quix, De la déterminaison du pouvoir auditif. La Presse Oto-Laryngologique Belge, 1907.
73. Quix, De bepaling der gehoorscherpte voor beengeleiding. Ned. Tijdschr. v. Geneesk., Deel II, Bd. I.
74. Quix, Die Schwingungsart der Stimmgabel. Z. f. O., Bd. 52.
75. Quix, Die Hörmessung mit Stimmgabeln. Z. f. O., Bd. 57, 1909.
76. Quix, Het verschijnsel van Hensen en de accomodatie van het oor. Ned. Tijdschr. van Geneesk., Deel II, 1910, Bd. 13.

77. Quix, Die feststellung einseitiger Taubheit. Beiträge zur anat., phys., path. und therapie des Ohres, der Nase, und des Halses. Bd. 5, Heft I, 1911.
78. Zwaardemaker, Over geluidsmeting. Onderzoek. Phys. Lab. Utrecht, V Reeks, 1915, XVI.
79. Zwaardemaker, Over hoortoestellen. Onderzoek. Phys. Lab., V Reeks, XIII.
80. Zwaardemaker, Der Einfluss der Schallintensiteit auf die Lage der oberen Tongrenze. Z. f. O., Bd. 24, 1893.
81. Zwaardemaker en Quix, Oppervlakken van gelijke geluidssterkte om een stemvork. Onderzoek. Phys. Lab. Utrecht, III Reeks, III.
82. Zwaardemaker en Quix, Schwellenwerth und Tonhöhe, Arch. f. Anat. und Physiologie. Phys. Abt. Suppl. 1902.

STELLINGEN

I

Het filtrabele herpesvirus moet opgevat worden, als een stadium, waaronder de verwekker zich kan voordoen.

II

De patholoog-anatomische veranderingen, welke bij diphtherie aan het hart zijn gevonden, zijn veelal niet voldoende om den dood te verklaren.

III

Voor de diagnose en de therapie van de zwangerschapsnier is een functioneel nieronderzoek gewenscht.

IV

De endogene urinezuur-uitscheiding in de urine staat in zekere mate onder invloed van het voedselgebruik.

V

Het is waarschijnlijk, dat de oorzaak van psoriasis als een parasitaire moet worden beschouwd.

VI

Bij het beoordeelen van een Röntgen-foto van zieke longen mag men niet zonder meer uit de schaduw-intensiteiten conclusies trekken betreffende de dichtheid en de uitgebreidheid der haarden.