



Doorlatingsvermogen voor geluid

<https://hdl.handle.net/1874/258728>

4^v 192

Meld 28 Oct 1913

DOORLATINGSVERMOGEN
VOOR GELUID



C. SPIJKERBOER

ht

DOORLATINGSVERMOGEN VOOR GELUID

Diss. Utrecht 1913.

Doorlatingsvermogen voor geluid

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD

VAN

Doctor in de Geneeskunde,

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

Dr. B. J. KOUWER,

Hoogleraar in de Faculteit der Geneeskunde,

VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT

TEGEN DE BEDENKINGEN VAN

DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE

TE VERDEDIGEN

op Dinsdag 28 October 1913, des namiddags te 4 uur,

DOOR

CORNELIS SPIJKERBOER,

Arts te Meerkerk,

geboren te Krimpen a/d IJssel



P. DEN BOER

SENATUS VETERANORUM TYPOGRAPHUS ET LIBRORUM EDITOR

UTRECHT — 1913

Aan mijne Ouders

en

Aan mijne Vrouw

Bij het voltooien van dit proefschrift, beschouw ik het als een aangenaamen plicht, U, Hoogleeraren en Lectoren der Medische en Philosophische Faculteiten der Utrechtsche Hoogeschool, mijn oprechten dank te brengen voor het onderwijs, dat ik van U mocht ontvangen.

Ik voel mij gedrongen, een bijzonder woord van dank te richten tot U, Hooggeleerde ZWAARDEMAKER, Hooggeachte Promotor. Niet genoeg kan uw raad en hulp, mij bij mijn werk verleend, door mij gewaardeerd worden. Veel van uw kostbaren tijd hebt Gij opgeofferd, om mij het voltooien van dit proefschrift mogelijk te maken. De uren, onder uwe leiding, op het Physiologisch Laboratorium doorgebracht, zullen steeds bij mij in aangename herinnering blijven.

Verder mijn dank aan allen, die mij op eenigerlei wijze hun hulp verleenden bij dit werk.

INHOUD.

	Blz.
INLEIDING	1
HOOFDSTUK I. Litteratuur.	3
" II. Kistjes-Methode	12
" III. Eerste proefreeks betreffende de geluidsdoorgankelijkheid van platen	28
" IV. Tweede proefreeks betreffende de geluidsdoorgankelijkheid van platen.	42
" V. Doorlatingsvermogen van weefsels voor geluid.	63
" VI. Doorlatingsvermogen voor geluid van enkele vloeistoffen	71
" VII. Doorlatingsvermogen van weefsels voor contactgeluid	76
BESLUIT	80

INLEIDING.

De in dit werk beschreven onderzoekingen werden door mij ondernomen met tweeërlei doel. Ten eerste om als grondslag te dienen bij de keuze van technisch materiaal, benoodigd bij den bouw van camerae silentae in laboratoria en ziekenhuizen. Ten tweede om gegevens op te leveren voor de theorie der klinische auscultatie, vooral voor zoverre als deze met behulp van moderne stethoscopen wordt uitgevoerd.

Camerae silentae bestaan op dit oogenblik, behalve in het Physiologisch Laboratorium te Utrecht (sinds 1904¹⁾, in de oorheeskundige klinieken te Frankfort a/M. en Berlijn — (1911/12), terwijl zij in aanbouw zijn in de physiologische laboratoria te Cambridge en te St.-Petersburg, in het stedelijk ziekenhuis te Mannheim en in het homoiopathisch ziekenhuis te Utrecht.

1) Beschreven door Prof. ZWAARDEMAKER in het Zeitschrift für Ohrenheilkunde, 54^e Band, 3^{er} und 4^{er} Heft, pg. 248, (in het kort in het Ned. Tijdschr. v. Geneesk. 1905, I, pg. 571).

HOOFDSTUK I.

Litteratuur.

In dit hoofdstuk zal een overzicht gegeven worden van de wijze, waarop verschillende onderzoekers op ons gebied te werk gingen, en van de resultaten, die zij met hunne methoden van onderzoek verkregen. BILTRIS ¹⁾ publiceerde zijne waarnemingen, verricht over de geluidverdoovende kracht van verschillende stoffen, op het 5^{de} Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres. Bij zijne eerste proefnemingen maakte BILTRIS gebruik van tichels (20 c.M. lang en breed en 4 c.M. dik), die vervaardigd waren uit cement, porphyroid en gips. Aan de onderzijde werden deze tichels met een 35 m.M. dikke laag der te onderzoeken stof bekleed. Een microfoon, in verbinding staande met een telefoonhoorn en een cel van LECLANCHÉ, werd op den tichel geplaatst. De tafel, waarop de tichel lag (de te onderzoeken stof scheidde dus den tichel van de tafel), werd met een metalen punt bekrast, en nu werd de kracht vergeleken, die noodig was om het voortgebrachte geluid in den telefoonhoorn hoorbaar te maken. Door deze methode kon BILTRIS wel uitmaken, dat trichopiëse in zeer sterk samengepersten toestand minder geluidverdoovend werkt, dan wanneer het minder samengeperst is, en dat cement

1) A. N. H. BILTRIS, Handelingen van het 5^{de} Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres, 1901.

meer geluidverdoovend werkt dan porphyroid, maar resultaten, geschikt voor vergelijking, bereikte hij hiermede niet. BILTRIS kwam toen op het denkbeeld, in eene opgesloten ruimte, met de verschillende stoffen bekleed, een geluid van gegeven sterkte voort te brengen en den afstand te meten, waarop dat geluid niet meer hoorbaar is. Hij maakte gebruik van kubieke houten kisten, 1 c.M. dik, die, uitwendig gemeten, eene lengtemaat hadden van 0.37 M. Van binnen werd de kist bekleed met eene laag der te onderzoeken stof. Als geluidsbron werd gebruikt eene elektrische schel, die verbonden was met een galvanisch element (LECLANCHÉ) en eenen reguleerweerstand buiten de kist. De reguleerweerstand stelde in staat den weerstand in de keten telkens met 1 Ohm te vermeerderen. Onderzocht werden trichopiëse, z.g. trichopiëse végétale, uit samengeperst zee gras bestaande, cork-carpet, bestaande uit eene kurklaag, met pergamoïd overtrokken, en oud vilt. De eerstgenoemde stof werd nog voorzien van eene binnenbekleding van gips, het cork-carpet van pergamoïd, terwijl bij het vilt geene binnenbekleding werd gebruikt. Werd 3 ohm weerstand in de keten geschakeld, dan kreeg BILTRIS het volgende schema:

Stof.	Dikte.	Binnenbekleding.	Afstand waarop het geluid niet meer hoorbaar is.
Trichopiëse végétale	40 m.M.	Gips 15 m.M.	13 M.
" minder sterk geperst .	35 "	" 15 "	25 "
" sterk geperst	35 "	" 15 "	32 "
Oud vilt, 5 lagen	40 "	Geene.	35 "
Cork-carpet	10 "	Pergamoïd 1 "	46 "

H. SIEVEKING en A. BEHM deelen in de *Annalen der Physik* ¹⁾ (1904) hunne acustische onderzoeken mede en daaronder ook eenige over de doorgankelijkheid voor geluid van vaste en poreuze lichamen. De geluidsbron bestond in eene electromagnetisch gedreven stemvork, ($c_1 = 264$) voorzien van resonance-kast. Deze werd geplaatst in eene kist, die in elke afmeting 1 M. groot was, en van buiten naar binnen uit de volgende lagen bestond: 2 c.M. dik hout, eene zandlaag van 10 c.M. en een wand van kurksteen van 12 c.M. dikte. Er bleef dan eene kubieke ruimte over van 50 c.M. kantlengte, wier binnenwand met flanel bekleed werd. In den voorwand was eene opening van 25×25 c.M., waarom heen eene laag gummi van 10 c.M. dikte aangebracht was. De te onderzoeken stoffen werden tot platen van 35×35 c.M. gesneden en voor de opening gebracht en door een houten raam met schroeven tegen het gummi gedrukt.

Daar de wanden van deze kist geluiddicht waren, kwam het geluid, dat buiten de kist werd waargenomen, alleen door de proefplaat. Als geluidopvanger werd gebruik gemaakt van eene stemvork, die dezelfde toonhoogte, dezelfde afmetingen en een overkomstige resonancekast had als de als geluidsbron dienstdoende stemvork. De buiten de kist staande stemvork bevond zich op eenen afstand van 70 c.M. van het venster in de kist. Werd de stemvork in de kist in werking gezet, dan ging door resonance de stemvork buiten trillen en mikroskopisch werden deze trillingen afgelezen. Voor eene nauwkeurige meting der amplitudines dezer trillingen hadden SIEVEKING en BEHM nog eene bijzondere inrichting aan de stemvork aange-

1) *Annalen der Physik* 4 Folge Bd. 15 1904.

bracht, bestaande in een glazen bolletje op een been der stemvork bevestigd.

SIEVEKING en BEHM komen tot het besluit dat poreuze stoffen o. a. vilt een slecht isolatiemiddel voor geluid is, ofschoon vilt juist dikwijls als geluidsisolator gebruikt wordt. Zoo vonden zij voor eene viltlaag van 3 c.M. een doorlaatbaarheid van 81 %, (van de geluidssterkte bij open venster).

Door de viltlaag te persen werd de doorlaatbaarheid gebracht op 41 %.

Ook door de viltlaag met water te imbibeeren werd de doorlaatbaarheid veel minder. Hieruit blijkt wel dat de goede doorgankelijkheid van poreuze stoffen berust op den directen doorgang der luchttrillingen door de poriën. Door de lucht in deze stoffen te verwijderen door vloeistof of persing wordt het isolatievermogen veel beter.

Bij verdere proeven vonden zij, dat in het algemeen de doorgankelijkheid in omgekeerde verhouding staat tot de dichtheid, en ook, dat de doorgankelijkheid nagenoeg evenredig toeneemt als men de geluidssterkte grooter maakt.

In het *Physiologisch Laboratorium* te Utrecht deed DE GROOT zijne onderzoekingen over het doorlatingsvermogen van verschillende stoffen voor geluid ¹⁾. Hij publiceerde slechts zijn uitkomsten, verkregen bij 3 stoffen n.l. trichopiëse, turfmos en kurksteen. Het eerst ging DE GROOT te werk volgens de methode van BILTRIS; hij nam houten kistjes van 40 c.M. afmeting en 1 c.M. dikte, die hij van binnen met de te onderzoeken stof bekleedde.

Een misklokje, dat als geluidsbron dienst doet, werd

1) Het doorlatingsvermogen van verschillende stoffen voor geluid, Nederl. Tijdschrift v. Geneeskunde 1910 I n^o 18.

in de kist geplaatst en langs electrischen weg tot klinken gebracht. Er werd nu bepaald op welken afstand het geluid, dat het misklokje in de kist gaf, nog hoorbaar was. Volgens dit onderzoek bleek trichopiëse het best te voldoen als isolator, dan turfmos en het minst kurksteen.

Door in de stroomketen den weerstand te vermeederen kon de geluidssterkte zoo verzwakt worden, dat op 1 d.M. afstand van de kist de bel niet meer gehoord werd. Is een stof nu weinig doorgankelijk, dan zal men minder Ohms in te schakelen hebben om het geluid niet meer te hooren, dan wanneer de stof een goede isolator is. Ook nu bleek trichopiëse weer het best te voldoen en kurksteen het minst. Verder onderzocht DE GROOT eenige stoffen met behulp van den valphonometer. Er werden kistjes van de te onderzoeken stoffen gemaakt en deze geplaatst in eene tweede kist, waarvan deksel en bodem uit marmer en de zijwanden uit kurksteen bestonden. Op den met vilt bedekten bodem van het binnenste kistje rustte een stalen plaat. Uit eene looden buis, die door openingen in de deksels van beide kistjes heenging, viel een stalen kogeltje op de plaat en zoo ontstond een geluidsimpuls. Bij het terugspringen van de plaat vielen de kogels op vilt, waarmede de phonometerplaat, behalve het centrale gedeelte waarop de kogels neerkwamen, bedekt was. Om te voorkomen dat de plaat naklonk was ze in lood gevat. De afstand werd wederom bepaald, waarop de impuls nog hoorbaar was. Ook nu bleek weer dezelfde volgorde te bestaan in de 3 stoffen trichopiëse, turfmos en kurksteen, gerangschikt naar haar afnemende geschiktheid als isolator.

Behalve deze 3 stoffen onderzocht hij nog een aantal andere en zooals Prof. ZWAARDEMAKER mededeelt in zijne

voordracht, de *Acustiek der openbare gebouwen* ¹⁾ vond DE GROOT de volgende opklimmende reeks van voortreffelijkheid als isolatiemiddel voor geluid. Het meest laten door marmer en glas, dan vilt en kurksteen, daarop volgen lood en aluminium, dan boekweidoppen, terwijl het minst doorgelaten wordt door turfmos, zeegras en trichopiëse.

In 1910 verscheen van de hand van FRANZ WEISBACH de dissertatie „Versuche über Schalldurchlässigkeit, Schallreflexion und Schallabsorption” ²⁾. WEISBACH bracht de stoffen, die hij met het oog op doorlaatbaarheid onderzocht, voor een venster van een torenkamertje, dat op een plat dak uitzag en welk venster eene grootte had van 35×35 c.M. De proefplaten werden door middel van een houten raam, dat aangeschroefd kon worden, gedrukt tegen een ander houten raam, dat aan den buitenkant van het venster was aangebracht. Buiten voor het venster stond de geluidsbron, eene stemvork (v. d. 236) die electricch gedreven werd. Om eene geluidsbron te hebben van constante sterkte, maakte hij gebruik van eenen synchronen stemvorkonderbreker, waarvan hij een nauwkeurige beschrijving geeft. De stemvork, die als geluidsbron dienst deed, was van eene resonancekast voorzien, waarvan de opening naar het venster was gekeerd. Het geluid werd opgevangen door eene telephoon met resonator, die binnen stond op de vensterbank op eenen afstand van 70 c.M. van de te onderzoeken stof. Een snaargalvanometer van EDELMANN met permanenten magneet diende om de metingen te verrichten van de inductiestroom, die opgewekt werden door de uitslagen

1) Voordracht gehouden in het Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres te Oostende, Sept. 1911.

2) Inaugural Dissertation. Leipzig, 1910.

van de telephoon. WEISBACH onderzocht volgens deze methode een groot aantal stoffen. Hij vond, dat, terwijl de doorlaatbaarheid van sommige stoffen, als linnen, baai en dergelijke, steeds dezelfde bleek te zijn, die van andere stoffen, als papier, blik, hout enz. wisselde, en wel voornamelijk afhankelijk van de meer of minder sterke mate, waarmede de platen aangedrukt werden. Hiervan is n.l. het gevolg, dat de plaat meer of minder sterk in haar geheel zal gaan meetrillen, al naar de hoogte van het trillingsgetal en de daarvan afhankelijke, meer of minder goede resonnance.

Als toevallig resonnance aanwezig was, liet de plaat bijzonder veel geluid door. WEISBACH spreekt hier van niet overzienbare verhoudingen; echter om een weinig hieraan tegemoet te komen, veranderde hij door verstelling der schroeven de spanning van de plaat zoolang, totdat de eigentoon der plaat zoodanig was, dat een minimum van resonnance aanwezig bleek. Hij vond, dat dit meestal het geval was, wanneer de plaat betrekkelijk los was aangedrukt.

Ten slotte is in 1911 nog een werk van R. BERGER verschenen, getiteld: Ueber die Schalldurchlässigkeit ¹⁾.

BERGER maakte gebruik van kubieke kisten van 1 M. kantlengte, waarvan 5 wanden goed geluiddicht waren, terwijl in den eenen wand (z.g. voorwand) eene groote opening was gemaakt, waarvoor de te onderzoeken platen werden aangebracht. De geluiddichte wanden bestonden afwisselend uit lagen geperste kurksteen en geteerd papier. De dikte der wanden bedroeg 15 c.M., terwijl de binnenste laag bestond uit eene 5 m.M. dikke loodplaat. De proefplaten, die 67×67 c.M. maten, rustten in eene lijst,

1) Dissertation Technische Hochschule, München 1911.

die aan de randen van het venster in den voorwand was aangebracht, op een reep paragummi van 8 m.M. dikte en 3 c.M. breedte. Door middel van een ijzeren raam werd de plaat met schroeven aangedrukt in deze lijst. BERGER begon de platen te onderzoeken door in de kist een geluidsimpuls voort te brengen met behulp van eenen valphonometer en te bepalen hoe sterk hij dezen geluidsimpuls moest maken om op 1.5 M. nog juist het geluid te hooren. Hij had n.l. zijn toestel zoo ingericht, dat hij de valhoogte zeer kon wisselen en hierdoor of door het kogelgewicht te veranderen kon hij zijnen geluidsimpuls zoo sterk maken als hij verkoos. BERGER had bij deze proeven echter grooten hinder van de bezwaren, die zoo'n subjectieve methode haast onvermijdelijk aankleven. In de vertrekken, waarin hij moest experimenteren, was geene absolute rust te verkrijgen, en dus was hij genoodzaakt tot eene andere methode zijne toevlucht te nemen, waarvoor hij eene koos veel overeenkomend met die van SIEVEKING en BEHM. De geluidgevende stemvork stond echter nu niet in de kist, maar er buiten, op eenen afstand van 44 c.M. van de proefplaat. In de kist was de stemvork, die het geluid opving, geplaatst, waarvan de uitslagen gemeten werden op een scherm van matglas buiten de kist. In de kist was n.l. in een der zijwanden eene trechtervormige opening aangebracht, die met lood beslagen was en door eenige dikke glasplaten gesloten werd. Op de stemvork was op eene bijzondere, door BERGER zelf uitgedachte wijze een spiegelkje aangebracht; door de trechtervormige opening werd door een electrisch lampje licht op het spiegelkje geworpen en door dit spiegelkje het licht op het matglas teruggekaatst. Ook was aan de geluidgevende stemvork op dezelfde wijze een spiegelkje aangebracht,

waardoor eveneens licht van een electricch lampje werd teruggeworpen op het matglas.

BERGER gebruikte echter niet zooals SIEVEKING en BEHM eene stemvork, die na binnen korten tijd eene reeks van impulsen ontvangen te hebben, vrij verder trilde, zoodat allengs het geluid in sterkte afnam, maar eene waarbij steeds het geluid constant gehouden werd. Opdat de stemvork, die het geluid op moest vangen, steeds in harmonischen samenklank zou verkeeren met de geluidgevende vork, was aan eerstgenoemde eene bijzondere inrichting aangebracht, bestaande in glazen bakjes, waarin glycerine. Door nu de glycerine uit het eene bakje in het andere over te zuigen, kon de stemvork van te voren ontlast worden, waarbij de toon verhoogd werd of ook kon men het omgekeerde laten plaats hebben. Zoowel de binnen als buiten de kist staande stemvork was van eene resonancekast voorzien, waarvan de opening naar de proefplaat gericht was. BERGER onderzocht eene reeks van stoffen als flanel, vilt, leder, asbest, hout, kurksteen, lood, beton, asphalt. De resultaten, waartoe BERGER komt, zijn vrij belangrijk. Hij vindt n.l. dat de geluidsdoorlaatbaarheid der proefplaten vrij regelmatig met toenemend plaatgewicht afneemt. Zoo zal van 2 wanden, die gelijke dikte bezitten, degene die vervaardigd is van de stof met het hoogste soortelijk gewicht het geluid het beste tegenhouden.

HOOFDSTUK II.

Kistjes-Methode.

Voor eenige stoffen, n.l. marmer, glas, hardsteen, turfmos, kurksteen, lood, aluminium en vilt werd het doorlatingsvermogen bepaald, door van deze stoffen kistjes te maken en binnen deze een microfoon te plaatsen, die het geluid opving, dat verkregen werd door achtereenvolgens verschillende orgelpijpen aan te blazen. Gebruikt werd een reeks open orgelpijpen van lood met eene toonhoogte van $a^1—e^3$ (spraakzône v. SCHMIEGELOW). De pijpen werden aangeblazen door perslucht uit den centralen ketel van het laboratorium onder een druk van 24 c.M. water.

De uitslagen der microfoonmembraan werden gemeten met behulp van een snaargalvanometer van Einthoven, gefabriceerd door EDELMANN, met permanenten magneet. De verbinding tusschen microfoon en snaargalvanometer was op de volgende wijze tot stand gebracht. Een element ter sterkte van 2 volt stond in eene keten met de microfoon en de primaire winding (1 Ohm) van eenen inductieklos.

In de sec. keten stond de snaar van den galvanometer (goudsnaar \pm 35 m.M. ((100 Ohm) lang en 5μ dik), terwijl in de sec. keten eene nevensluiting was aangebracht, waarin men al naar verkiezing een weerstand kon inschakelen van ongeveer 10 Ohm, een van \pm 100 Ohm of een oneindig grooten weerstand. Hoe meer weerstand in de nevensluiting

des te grooter deel van den stroom zal door de goudsnaar gaan en in het laatste geval, dus als er een oneindig groote weerstand is ingeschakeld, zal de sec. stroom geheel door de snaar gaan. Deze weerstandsinschakeling, die met behulp van eenen knop kon voltrokken worden, diende om te voorkomen, dat de snaar door te sterken stroom zou breken of zoo grooten uitslag zou geven, dat deze onmeetbaar werd.

Daar we in de sec. keten met wisselstroomen te doen hebben, geeft de snaar uitslagen naar beide kanten en daar deze zeer snel elkaar opvolgen, krijgen we verdubbelingen te zien, die we aflezen op eene verdeelde schaal met behulp van een mikroskoop. Het veld werd niet, zooals veel gedaan wordt, zijdelings verlicht, maar van achteren, zoodat we de snaar donker zagen op lichten grond. De zijdelingsche verlichting, die volgens velen beter meetbare uitslagen te zien geeft dan de verlichting van achteren, had, volgens onze meening, dit voordeel niet en werd dan ook, daar ze iets minder praktisch is, door ons verlaten.

De draden, die naar de mikrofoon leidden, waren zeer dun en werden gelegd tusschen den bovenrand van een der zijwanden en het deksel van de kist en kwamen zoo te liggen in de stof, die zorgen moest voor eene goede sluiting van het deksel. Gerust mochten we aannemen, dat hierdoor geene fouten ontstonden, want brachten we nog, wat we dikwijls deden, een groote prop kleefwas aan, buiten op de uittredingsplaats van den draad, dan gaf dit geene verandering in de waarnemingen, terwijl deze kleefwas, zooals meermalen bij proefnemingen op het physiologisch laboratorium gebleken was, goed bleek te voldoen als geluidisoleerend middel.

Alleen bij lood en aluminium was de verbinding anders aangebracht (zie aldaar).

Zooals gezegd kon men de uitslagen der snaar binnen zekere grenzen houden door het inschakelen van meer of minder weerstand. Empirisch bepaalden we de verhouding der uitslagen bij het gebruik van verschillende weerstanden. Wanneer de snaar door een nieuwe vervangen moest worden, moest natuurlijk opnieuw deze verhouding bepaald worden, daar we nooit eene snaar hebben, die volkomen in lengte en dikte met eene vorige overeenkomt. Zoo kwam bij onze gevallen de eene keer 1 deelstreepje bij 1 Ohm weerstand overeen, met 9.4 bij oneindig, terwijl bij andere snaren we hiervoor vonden 14.1, 6.3, 8.5.

De graad der snaarspanning is van grooten invloed op den uitslag; bij onze waarnemingen hebben we steeds voor elken toon de spanning zoo geregeld, dat we eenen maximalen uitslag kregen, dus met andere woorden zoo, dat de resonance volkomen is. WEISBACH deed bij zijne waarnemingen hetzelfde en volgens hem is ook alleen bij deze wijze van handelen de uitslag der snaar juist evenredig aan de stroomsterkte.

De wanden der gebruikte kistjes waren in de meeste gevallen met gips aan elkaar vastgemaakt; bij het viltten kistje werd lijm gebruikt, bij lood en aluminium soldeersel, terwijl bij het glazen kistje met behulp van klingerit de verschillende wanden tot een geheel waren saamgevoegd. Bij sommige kistjes, zoo bij glas, marmer en steen, werd bij eenige reeksen van bepalingen de bovenwand alleen door vet op de kist bevestigd, wat geen verschil opleverde met de bepalingen, waarbij het deksel met gips was vastgemaakt.

Voor eene zuivere vergelijking der verschillende stoffen ware het juist geweest, de verschillende kistjes alle van dezelfde afmetingen te maken, dit stuitte echter op te veel

bezwaren. Immers is het niet goed doenlijk, stoffen als turfmos en kurksteen tot zeer dunne platen te verwerken, terwijl, als we lood b.v. als zeer dikke plaat gebruikten, we geen uitslagen zouden verkrijgen. Het heeft echter weinig bezwaren, de materialen van verschillende dikte te nemen, daar men toch in de praktijk de stoffen zal nemen van eene dikte, waarin de techniek ze gewoonlijk levert.

Achtereenvolgens werden nu bepalingen gedaan, eerst voor gesloten, dan voor open kistje, en wel voor de geheele pijpenreeks van $a^1—e^3$. De hogere tonen hadden echter een groot bezwaar, n.l. dat ze eene sterke spanning der snaar noodzakelijk maakten, waardoor er eene groote kans op breken ontstond. Vanaf een zekeren toon werd daarom de snaar niet sterker meer gespannen, maar de uitslag bij eene bestaande spanning afgelezen. Dat dit tot onzuivere resultaten moest leiden, behoeft wel geen betoog, reden waarom deze uitslagen in de tabellen zijn weggelaten.

De afstand der pijpenrij tot aan het kistje bedroeg 38 c.M. bij gesloten, 1.90 M. bij open kistje. We kozen bij open kist dezen $5 \times$ zoo grooten afstand, omdat we vreesden, dat bij den kleineren afstand de uitslagen der snaar zoo groot zouden worden, dat deze gevaar liep te breken.

Hoewel later bleek, dat deze angst wel wat overdreven was, zijn we toch ook in 't vervolg zoo doorgegaan, daar het voor een vergelijking van de verschillende stoffen noodig is, den eenmaal gekozen afstand te handhaven. Immers de redeneering, dat een $5 \times$ zoo groote afstand eene verzwakking van het geluid geeft van 5^2 zooals de physici, of 5^1 zooals de oorartsen aangeven, gaat voor een gesloten vertrek niet op, daar we hier te doen hebben

met reflexie der wanden, en daardoor met het bestaan van knopen en buiken in het lokaal.

Onze waarnemingen bij de kistjesmethode werden steeds verricht bij gesloten vertrek. Van hoe veel belang het is bij zijne proeven ook op den toestand van het lokaal te letten, blijkt wel uit de volgende waarnemingen. De pijpenrij stond dicht bij eene deur, die toegang gaf tot een ander vertrek, en op een afstand van 1.90 M. van het open glazen kistje.

Bij gesloten deur kregen we nu voor cis^2 de volgende uitslagen:

$2-2-2\frac{1}{4}-2\frac{1}{4}-2-1\frac{1}{2}-3-3-3-2$, gemiddeld 2.4;

voor d^2 ; $3-2\frac{1}{4}-2\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}-4-4\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}-3-3\frac{1}{2}$, gemiddeld 3.2;

bij open deur:

voor cis^2 ; $7-5-4-8-7\frac{1}{2}-5-7-6-6-8$, gemiddeld 6.3;

voor d^2 ; $9-8-8-6\frac{1}{2}-6-6-6-8-9\frac{1}{2}-8\frac{1}{2}$, gemiddeld 7.5.

Dus bij open deur voor cis^2 ruim en voor d^2 nagenoeg $2\frac{1}{2} \times$ zoo grooten uitslag als bij gesloten deur.

Voor de verschillende kistjes werden de volgende uitslagen verkregen. Elk cijfer is een gemiddelde van 10—40 waarnemingen.

Bij gesloten kistje zijn de uitslagen gemeten met eenen oneindig grooten weerstand in de nevensluiting van de secundaire keten, bij open kistje in de meeste gevallen bij eenen weerstand van 10 Ohm; de vermelde cijfers voor opene kist zijn verkregen door den uitslag bij 10 Ohm te vermenigvuldigen met het cijfer, dat de verhouding aangeeft der uitslagen bij 10 Ohm en bij oneindig grooten weerstand in nevensluiting.

Marmer.

Het kistje is een kubus met eene kantlengte van 14 c.M.
De dikte der wanden bedraagt 1 c.M.

Het soort. gew. van marmer is ± 2.7 .

TABEL. Dubbele amplituden van het in het kistje
dringend geluid.

	Gesloten.	Open.	Verhouding der amplitudines bij open en gesloten kist (enkele macht).
a ¹	1.25	42.53	34
ais ¹	1.42	23.06	16
b ¹	2.02	30.87	15
c ²	0.73	27.72	88
cis ²	3.54	22.68	6.5
d ²	1.08	31.06	29
dis ²	0.66	14.93	22.5
e ²	0.25	8.51	34
f ²	—	—	—
fis ²	0.32	5.92	18.5
g ²	0.25	2.75	11
gis ²	—	—	—
a ²	—	—	—
ais ²	0.25	2.30	9
b ²	2.00	6.40	3
c ³	0.92	6.20	6.5

Gemiddeld voor de spraakzône (na aftrek
van de tonen f², gis², a² en de tonen boven c³) 18.5

De verzwakking, welke de marmerwanden van ons kistje
teweegbrengen, blijkt in het spraakzônestuk der toonladder

zeer ongelijkmatig te zijn en wel is ze aanzienlijker in de bashelft dan in de discanthelft der toonladder.

Glas.

Kantlengte van het kistje 14 c.M. De dikte van het glas bedraagt 1.1 c.M.

Het soort. gew. van glas is ± 2.6 .

TABEL, aangevend dubbele amplitudines.

	Gesloten.	Open.	Verhouding der amplitudines (enkele macht).
a ¹	1.04	75.09	72
ais ¹	1.75	32.78	18.5
b ¹	0.23	56.05	243.5
c ²	0.93	10.93	18
cis ²	0.68	43.89	65
d ²	0.25	69.09	273.5
dis ²	0.48	15.00	31
			Gemiddeld 103.5

Voor hogere tonen werd bij gesloten kistje geen uitslag verkregen.

De verzwakking, welke glaswanden van de grootte en dikte als in ons kistje gebezigd, teweegbrengen, heeft 2 maxima, een bij b₁ en een bij d₂.

Hardsteen.

Kantlengte van het kistje 14 c.M. Dikte van het hardsteen ± 11 m.M.

P. S. = 2.9.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Gesloten.	Open.	Verhouding der amplitudines (enkele macht).
a ¹	0.3	98.7	329
ais ¹	—	—	—
b ¹	0.76	124.1	163
c ²	0.51	63.2	124
cis ²	2.93	53.72	18.5
d ²	0.36	73.04	203
dis ²	0.26	53.4	205
e ²	0.55	11.28	20.5
f ²	0.19	5.36	28
			Gemiddeld 136

De hardsteenwanden van ons kistje verzwakken het geluid het sterkst voor a₁; daarenboven bestaan een aantal nevenmaxima. In het algemeen is de verzwakking onregelmatig.

Turfmos.

De grondvlakte van het kistje is 19.7×19.4 c.M², terwijl de hoogte 19.2 c.M. bedraagt. De dikte van het turfmos is ± 4 c.M.

$$P. S. = \pm 0.15.$$

TABEL (dubbele amplitudines).

	Gesloten.	Open.	Verhouding der amplitudines (enkele macht).
a ¹	0.33	63.37	131
ais ¹	0.28	54.15	193
b ¹	1.8	28.9	16
c ²	0.96	29.72	31.
cis ²	3.15	4.33	1.5
d ²	2.	13.35	6.5
dis ²	0.93	9.18	10
e ²	0.16	2.00	12.5
f ²	0.16	7.	44.
			Gemiddeld 49.5

De lage tonen der spraakzône worden door het turfmos meer verzwakt dan met de middentonen het geval is; de hoogste tonen zijn niet onderzocht.

Kurksteen.

Grondvlakte 21.1×22.2 c.M². Hoogte 23.2 c.M. Dikte 5 c.M.

$$P. S. = \pm 0.31.$$

TABEL (dubbele amplitudines).

	Gesloten.	Open.	Verhouding der amplitudines (enkele macht).
a ¹	7.5	40.43	5.4
ais ¹	4.7	26.30	5.6
b ¹	4.25	52.00	12
c ²	7.12	23.20	3.2
cis ²	7.15	28.60	4
d ²	5.24	16.10	3.1
dis ²	6.08	12.80	2.1
e ²	4.27	4.60	1.1
			Gemiddeld 4.5

Lood.

Grondvlakte 13.5×13.2 c.M². Hoogte 14.1 c.M. Dikte van het lood 3 m.M.

$$P. S. = \pm 11.37.$$

De zijwanden van het kistje hadden boven een naar buiten omgeslagen rand van 1.3 c.M. breedte, waarop het deksel vastgesoldeerd was.

De draden van de microfoon gingen niet, zooals bij de vorige kistjes onder het deksel door, maar de eene ging geïsoleerd door eene zeer fijne, overigens geheel dichte opening in een der zijwanden heen, terwijl de andere draad in directe verbinding stond met het metaal zelve.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Gesloten.	Open.	Verhouding der amplitudines (enkele macht).
a ¹	0.19	104.64	550.5
ais ¹	2.06	73.69	36
b ¹	0.40	90.58	226.5
c ²	0.47	30.18	64
cis ²	1.16	35.96	31
d ²	1.13	38.04	38
dis ²	1.48	6.95	5
e ²	—	—	—
f ²	0.65	4.48	7
fis ²	—	—	—
g ²	—	—	—
gis ²	1.50	2.38	1.5
			Gemiddeld 106.5

De looden wanden van ons kistje laten de hooge tonen merkwaardig gemakkelijk door, terwijl zij de lage tonen a¹ en b¹, zeer aanzienlijk verzwakken.

Aluminium.

Grondvlakte 13.9 × 14.1 c.M². Hoogte 14.2 c.M. Dikte ± 1 m.M.

P. S. = 2.6.

De wanden van het kistje zijn aan elkaar geklonken door middel van omgeslagen randen en tevens gesoldeerd. De bovenranden bezitten evenals het looden kistje een naar buiten omgeslagen rand, waarop het deksel vastgesoldeerd was.

Ook hier ging een der draden geïsoleerd door een fijne opening in een der wanden, terwijl zoowel aan de binnen-

als buitenzijde van dien wand een aluminiumdraad gesoldeerd is, die contact geeft respect. met de microfoon en het element.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Gesloten.	Open.	Verhouding der amplitudines (enkele macht).
a ¹	40.14	69.18	1.7
ais ¹	23.31	72.94	3.1
b ¹	11.7	73.23	6.3
c ²	20.21	42.77	2.1
cis ²	16.36	55.46	3.4
d ²	7.36	43.99	5.6
dis ²	15.42	23.69	1.5
e ²	1.53	4.54	3.
f ²	0.70	2.14	3
			Gemiddeld 3.3

Het aluminium blijkt de tonen der spraakzône vrij gelijkmatig te verzwakken. Daar de dikte van het gebezigde aluminium zeer gering is, wordt een vergelijking met andere stoffen zeer bemoeilijkt.

Het best gelukt dit nog met lood van 3 m.M. dikte. In geluiddoovend vermogen staat aluminium daarbij ver achter, wat de lage tonen betreft, wat de hoogere aangaat, overtreft het misschien het lood.

Vilt.

Het hier gebruikte vilt is geïmpregneerd met hars en lijm, zoodat het eene groote stevigheid verkrijgt.

Grondvlakte 16×16.2 c.M². Hoogte 17.3 c.M. Dikte 2.6 c.M.

$$P. S. = \pm 0.54.$$

TABEL (dubbele amplitudines).

	Gesloten.	Open.	Verhouding der amplitudines (enkele macht).
a ¹	0.63	95.97	152.5
ais ¹	0.71	59.13	83.5
b ¹	1.35	27.26	20
c ²	1.83	21.24	11.5
cis ²	2.96	28.86	9.7
d ²	1.53	19.65	13
dis ²	1.54	3.02	2
e ²	0.78	1.41	1.8
			Gemiddeld 37

Bij eene beschouwing der cijfers, die de verhoudingen der uitslagen bij gesloten en open kist aangeven, is wel het eerste wat onze aandacht trekt het groote verschil, dat een zelfde stof soms geeft voor de verschillende tonen. Vooral vinden we dit voor het lood; echter ook voor glas, hardsteen, turfmos en vilt, terwijl marmer, kurksteen en aluminium veel minder groote verschillen opleveren; het kleinst zijn ze bij het aluminium.

Wat is de oorzaak van deze verschillen?

Men mag niet vergeten, dat we hier gewerkt hebben met een meetinstrument, dat geene aanspraak kan maken op groote zuiverheid. De microfoon is zooals bij vele waarnemingen bleek, zeer wisselend in zijne uitslagen, wat ons ook niet behoefte te verwonderen, als we ons in de samenstelling van de microfoon indenken. Onder invloed van het geluid verplaatsen zich de kogeltjes in de microfoon, waardoor eene verandering in weerstand ontstaat. Ook werd dikwijls geconstateerd, dat de snaaruitslag direct

veranderde, wanneer we even tegen de microfoon of het kistje tikten. Dat deze methode van onderzoek dus wel wat aan nauwkeurigheid te wenschen overlaat, behoeft geen verder betoog. Toch beschouw ik haar niet zonder waarde, vooral omdat bij mijne proeven gemiddelden van een groot aantal waarnemingen genomen werden. ADELS vond dat de waarschijnlijke fout van elke meting met het stelsel microfoon-snaargalvanometer 22 % bedraagt en dat we een fout van 31 % verkrijgen, wanneer we twee metingen met elkaar vergelijken. De waarschijnlijke fout wordt in mijne tabellen door het groot aantal waarnemingen veel geringer.

De groote verschillen, die hetzelfde kistje oplevert voor verschillende tonen, moeten dus niet alleen aan de microfoon worden toegeschreven, maar zullen voor een groot gedeelte wel afhankelijk zijn van resonanceverhoudingen.

TABEL (van doorgankelijkheid).

VERZWAKKING VAN HET GELUID (NAAR ENKELE MACHT).

Soortelijk gewicht.	Zonder dikte in aanmerking te nemen.	Berekend op 1 c.M. dikte (eenv. evenredigheid aangenomen).
Lood 11.37	106.5 ×	355 ×
Hardsteen 2.9	136 "	123.5 "
Glas 2.6	103.5 "	94 "
Aluminium 2.6	3.3 "	33 "
Marmer 2.7	18.5 "	18.5 "
Geïmpregneerd vilt 0.54	37 "	14 "
Turfmos 0.15	49.5 "	12 "
Kurksteen 0.31	4.5 "	1.7 " (graph. geïntropeerd).

N.B. Om de werkelijke verzwakking te verkrijgen zouden alle getallen nog met een zelfde correctiecijfer moeten worden vermenigvuldigd met het oog op den 5-voudigen afstand der orgelpijpen bij open kistje.

Om na te gaan of we met eenig recht de eenvoudige evenredigheid met de laagdikte mochten aannemen, werden door ons 2 kistjes van aluminium genomen, resp. 1 m.M. en 1 c.M. dik, terwijl zij overigens gelijke afmetingen bezaten. Voor dis^2 werden nu de uitslagen gemeten, wanneer de microfoon in de verschillende kistjes stond. Als gemiddelde der dubbele snaaramplitudines werd voor het dunne kistje 14 en voor het dikkere $1\frac{1}{2}$ gevonden. De verhouding $14:1\frac{1}{2}$ komt vrij dicht bij de verhouding der laagdikten.

Het blijkt, dat volgens de kistjes-methode, toegepast op kubische kistjes van ± 12 c.M. binnen-rib lengte, de materialen in het algemeen geluidwerend werken in eene reeks, die ook de reeks is der soortelijke gewichten (conform BERGER).

Niettegenstaande de groote waarschijnlijke fout van elke waarneming, geeft de kistjes-methode een vrij bevredigend algemeen resultaat. Dit is te danken aan het middelen der waarnemingen voor elken toon en vooral hieraan, dat we de gemiddelden genomen hebben voor een grooter of kleiner stuk van de toonladder. Door dit laatste te doen maakte ik mij los van den invloed der resonance, die naar ik vermoed de voorname reden is van de grillige wisseling der cijfers in elke tabel.

Geheel anders zullen de verhoudingen worden, wanneer men de wanden der kistjes uit lagen van 2 verschillende stoffen doet bestaan, gelijk BILTRIS en DE GROOT deden. Aangezien de resonance van de beide wanden, die gepasseerd moeten worden, in het algemeen niet gelijk zal zijn, en, wanneer men zeer verschillende stoffen neemt, zeker ongelijk moet wezen, wordt daardoor op zichzelf reeds eene zoo groot mogelijke verzwakking verkregen. Wat door den eersten wand, tengevolge van diens trilling „en masse”,

werd doorgelaten, stuit op de volgende, ditmaal zeker niet resoneerende laag. Bovendien wordt de resonance van elk der wanden nog zeer verminderd door de wederkeerige demping. Door eene groote tegenstelling in het soortelijk gewicht der verschillende lagen te nemen, zal vermoedelijk ook de werking van de samengestelde resonance zeer worden verminderd, die verwacht zou kunnen worden, wanneer de beide lagen door al te groote samenklinking feitelijk tot één wand mochten zijn geworden, in staat om „en masse” heen en weergaande bewegingen uit te voeren.

HOOFDSTUK III.

Eerste proefreeks betreffende de geluidsdoorgankelijkheid van platen.

De waarnemingen, vermeld in dit en de volgende hoofdstukken, werden verricht met de telephoon in plaats van de microphoon, omdat de waarschijnlijke fout der telephoon zeer veel geringer is. Een nadeel der telephoon echter is, dat ze minder gevoelig is. Gebruikt werd de z.g. luidsprekende telephoon van SIEMENS.

Onze opstelling was als volgt:

In een vertrek, grenzend aan het acustisch kamertje, werden de orgelpijpen opgesteld voor een grooten blikken trechter, die overging in een dikwandige looden buis, welke weer nauwkeurig aansloot aan een korten wijden trechter, eveneens uit diklood vervaardigd. De looden buis en trechter bevonden zich in het acustisch kamertje. Er was zorgvuldig voor gezorgd, dat op de plaats, waar de looden buis door den wand van het acustisch kamertje heenging, geen geluidslekken bestonden.

Boven den looden trechter hing de telephoon, waaraan een opvangtrechter. De draden der telephoon waren direct verbonden met de snaar van den galvanometer, die zich bevond in een ander vertrek naast de camera silenta. Op trechtersvormig looden stuk werden de te onderzoeken het

stoffen gelegd en door een dikken looden ring aangedrukt, die denzelfden diameter had als de looden trechter.

Onderzocht werden: caoutchouc, mika, kurkplaat, ahornhout, asbestpapier, bordpapier, filtreerpapier, vilt, lood, celluloid en eikenhout.

Nagegaan werd de doorgankelijkheid voor de tonen $g^1—g^2$ dus voor de spraakzône van BEZOLD ($b^1—g^2$) met nog eenige lagere tonen. De druk, waarmee de pijpen aangeblazen werden, bedroeg 24 c.M., terwijl de opvang-trechter van de telephoon $8\frac{1}{2}$ c.M. van de proefplaat verwijderd was. Om te bewijzen, dat het geluid, dat door de telephoon werd opgevangen, uitsluitend door het gedeelte der stof kwam, dat zich tusschen trechter en ring bevond, werd eene glazen plaat van 1 c.M. dikte op den ring gelegd. Kregen we nu geen uitslagen te zien, dan mochten we wel aannemen, dat er nergens geluidslekken bestonden.

Steeds werd de snaarspanning weer zoo geregeld, dat we een maximalen uitslag verkregen.

Daar in de telephoon wisselstroomen ontstaan, krijgen we verdubbelingen der snaar te zien.

TABEL I (dubbele amplitudines).
 OPPERVLAK VAN DE SCHIJVEN OF VLIEZEN 98,4 □ c.M.

	Open trechter.	Caoutchouc vlies 0.25 m.M.	Mikaplaat 0.22 m.M.	Kurkplaat 1.6 m.M.	Ahornhout 0.55 m.M.	Eikenhout 0.95 m.M.
gis ¹	6 ¹ / ₂	10	30	10	4 ¹ / ₄	13
a ¹	6	8	16	5 ¹ / ₄	6	15 ¹ / ₂
ais ¹	3 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	5 ¹ / ₄	2	4	14
b ¹	4 ¹ / ₄	9 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	7	2
c ²	3	12	3 ¹ / ₄	4 ¹ / ₂	8 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄
cis ²	6 ³ / ₄	5	1 ¹ / ₂	5	2 ³ / ₄	3 ¹ / ₄
d ²	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	—	2 ³ / ₄	1 ¹ / ₄	2 ³ / ₄
dis ²	4	1	—	3 ¹ / ₄ —1	1 ¹ / ₂	1
e ²	3 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	—	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1
f ²	1	1 ³ / ₄	—	1 ¹ / ₄	2	1 ¹ / ₂
fis ²	1	1 ³ / ₄	—	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂
g ²	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	—	—	—	—

	Asbestpapier. 4 m.M.	Bordpapier 1.5 m.M.	Filtreerpapier 0.2 m.M.
gis ¹	4 ³ / ₄	16 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂
a ¹	3 ¹ / ₂	15	5 ¹ / ₂
ais ¹	1	6 ¹ / ₄	4
b ¹	3 ¹ / ₄	4	4 ¹ / ₂
c ²	—	1	3 ³ / ₄
cis ²	—	1	7 ¹ / ₂
d ²	—	—	3 ¹ / ₂
dis ²	—	—	2
e ²	—	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	3 ¹ / ₄
f ²	—	—	3 ¹ / ₄
fis ²	—	—	1
g ²	—	—	3 ¹ / ₄ —1

Onder den naam der proefstoffen is de dikte der plaat vermeld.

	Vilt 1 m.M.	Lood 0.11 m.M.	Celluloid 0.25 m.M.
gis ¹	6 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	10 ¹ / ₂
a ¹	6	6	11
ais ¹	3 ¹ / ₂	3	15
b ¹	5 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	3
c ²	3 ¹ / ₂	¹ / ₄ — ¹ / ₂	2 ¹ / ₄
cis ²	5 ¹ / ₂	¹ / ₄ — ¹ / ₂	2 ³ / ₄
d ²	2 ¹ / ₄	—	1 ⁵ / ₄
dis ²	2 ¹ / ₄	—	³ / ₄ —1
e ²	³ / ₄	¹ / ₄	³ / ₄
f ²	³ / ₄	—	¹ / ₂
fis ²	1	—	¹ / ₂
g ²	¹ / ₄	—	—

De resonancetoon van de schijven, waarover Tabel I loopt, ligt kennelijk hoog voor:

caoutchouc, mika, kurksteen, papier, lood.

Hij bevindt zich bij gis¹ of valt nog lager.

Daarentegen ligt de resonancetoon van de houtsoorten en van celluloid een paar tonen hooger bij a₁ of ais₁.

De resonancebreedte is het meest uitgestrekt en het meest gelijkmatig bij het vilt, dat zich in dit opzicht ongeveer als de open trechter verhoudt (zie hierover later).

Enkele stoffen werden in meerdere lagen onderzocht.

TABEL II. Oppervlak van de schijven 93.40 c.M.

	Open trechter.	Abestpapier 4 m.M.		Bordpapier 1.5 m.M.			Vilt 1 m.M.		
		1 stuk.	2 stuks.	1 stuk.	2 stuks.	3 stuks.	1 stuk.	2 stuks.	3 stuks.
gis ¹	6 ¹ / ₂	4 ³ / ₄	2 ¹ / ₂	16 ¹ / ₂	8 ¹ / ₂	5	6 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂
a ¹	6	3 ¹ / ₂	2	15	5 ¹ / ₂	3	6	6	6
ais ¹	3 ¹ / ₂	1	1 ¹ / ₂ — ³ / ₄	6 ¹ / ₄	2 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂
b ¹	4 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₄ — ¹ / ₂	4	1 ¹ / ₄	3 ³ / ₄ —1	5 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	5
c ²	3	—	—	1	1 ¹ / ₄	—	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₄	3
cis ²	6 ³ / ₄	—	—	1	1 ¹ / ₄	—	5 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂
d ²	2 ¹ / ₂	—	—	—	—	—	2 ¹ / ₄	2	1 ¹ / ₂
dis ²	4	—	—	—	—	—	2 ¹ / ₄	1 ³ / ₄	1 ¹ / ₄
e ²	3 ³ / ₄	—	—	1 ¹ / ₄ — ¹ / ₂	—	—	3 ³ / ₄	3 ³ / ₄	3 ³ / ₄
f ²	1	—	—	—	—	—	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂ — ³ / ₄	1 ¹ / ₂ — ³ / ₄
fis ²	1	—	—	—	—	—	1	3 ³ / ₄ —1	3 ³ / ₄
g ²	1 ¹ / ₄	—	—	—	—	—	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	—

	Open trechter 1).	Filtreerpapier 0.2 m.M.					
		1 stuk.	2 stuks.	3 stuks.	4 stuks.	5 stuks.	6 stuks.
gis ¹	5 ¹ / ₂	5 ¹ / ₄	5	5 ¹ / ₂	7	7	7
a ¹	5	4 ³ / ₄	5 ¹ / ₂	7	7	8 ¹ / ₂	7
ais ¹	3 ¹ / ₄	3	3	5	5	7	5
b ¹	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	5	7 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	5
c ²	3	3 ¹ / ₂	6	5 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂	3	2 ¹ / ₄
cis ²	5 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	3	2 ¹ / ₂	2—2 ¹ / ₄
d ²	2	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1—1 ¹ / ₄	1	3 ³ / ₄ —1
dis ²	3	1 ¹ / ₄	1	3 ³ / ₄ —1	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄ — ¹ / ₂	1 ¹ / ₄
e ²	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	—
f ²	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂ — ³ / ₄	3 ³ / ₄	1	3 ³ / ₄ —1	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄
fis ²	1 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	3 ³ / ₄ —1	1 ¹ / ₂ — ³ / ₄	1 ¹ / ₂

1) De cijfers voor open trechter werden bij het filtreerpapier afzonderlijk opgegeven, aangezien hier een nieuwe snaar is gebruikt.

Wat bij deze uitkomsten de aandacht trekt is wel dit, dat de membranen in stede van het geluid te verzwakken een grooteren uitslag geven, dan wanneer geen membraan aanwezig is.

Subjectief was in de camera silenta dikwijls waar te nemen, dat de geluidsindruk versterkt werd, zoodra de plaat op het trechtervormig looden stuk gelegd was. Als oorzaak hiervan is aan te nemen, dat in vele gevallen de eigen toon van de plaat te zamen met het toevoerend systeem overeenkwam met den toon van de orgelpijp en aldus eene sterke resonance verkregen werd.

Bijna in alle gevallen kon men met de hand een trillen der platen waarnemen.

Hoewel het niet zoo eenvoudig is uit deze uitkomsten conclusies te trekken omtrent het doorlatingsvermogen der verschillende stoffen, zijn toch deze cijfers niet zonder belang. In de eerste plaats blijkt de overwegende invloed van de resonance op de doorgankelijkheid van een plaat voor geluid.

Uit de tabellen volgt, dat — wanneer men door resonance bevoorrechte tonen uitschakelt — caoutchouc, kurkplaat, ahornhout, eikenhout, filtreerpapier, vilt en celluloid beter doorgankelijk zijn dan mika, bordpapier en lood en deze stoffen weer beter dan asbestpapier, altijd, wanneer men de stoffen neemt van de aangegevene dikte.

Van het vermelden van gemiddelden heb ik gemeend te moeten afzien, daar er toch niets naders uit was op te maken wegens den overwegenden invloed der resonance.

Het spreekt van zelf, dat deze vergelijking der stoffen alleen geldt voor ons geval van waarneming; doet men de proeven met grootere of kleinere schijven of volgens eene andere methode, dan zullen, zooals ook later blijken zal, de uitkomsten weer geheel anders zijn.

Bij asbest- en bordpapier ziet men, dat door meerdere lagen te nemen de uitslagen der snaar veel kleiner worden, terwijl bij filtreerpapier voor sommige tonen bij meerdere stukken grootere uitslagen verkregen werden, dan bij eene enkele laag. Dit is wel zoo uit te leggen, dat door meerdere lagen de resonnance versterkt wordt, daar dan de eigentoon van dit stel filtreerpapier meer overeenstemt met den toon der orgelpijp dan van een enkel stuk.

Voor vilt zien we weer wat anders. Bij één stuk verschillen de cijfers nagenoeg niet met die voor den open trechter. Alleen voor b¹ bestaat een noemenswaardige vergrooting. Van eene sterke resonnance, zooals bij de andere stoffen, is hier wel geen sprake en nemen we nu meerdere stukken, dan blijken de snaaruitslagen al heel weinig af te nemen. Wel een reden om aan te nemen, dat dit niet-geïmpregneerde vilt voor geluid ruim doorgankelijk is. Juist omdat de resonnance ontbreekt, is het van belang na te gaan of de laagdikte verschil maakt; er blijkt dat het vrijwel onverschillig is, of de laag 1, 2 of 3 m.M. dik is. Alleen voor de hoogere tonen beginnen verschillen te komen.

Om te zien welk verschil we krijgen, wanneer we platen van eene andere grootte nemen, hebben we een, naar boven nauwer wordend, trechtervormig stuk op den looden trechter geplaatst. Dit nieuwe stuk was eveneens van dik lood vervaardigd en paste van onderen juist op den rand van den trechter, terwijl het bovenstuk, binnen den ring gemeten, eene oppervlakte had ongeveer half zoo groot als van den ring, dien we eerst gebruikten. We gebruikten weer dezelfde platen en nu werden ze gefixeerd door een looden ring, die op dezen nieuwen trechter paste.

De pijpen werden met denzelfden druk nl. 24 c.M. waterdruk aangeblazen en de afstand van den telefoontrechter tot de plaat bedroeg, evenals bij de eerste waarnemingen, $8\frac{1}{2}$ c.M.

TABEL III, (dubbele amplitudines).

OPPERVLAK VAN DE SCHIJVEN OF PLATEN 50.5 □ C.M.

	Open trechter.	Caoutchouc.	Mikaplaat.	Kurkplaat.	Ahornhout.	Eikenhout.
gis ¹	7 ¹ / ₂	18	24	5	7	1 ¹ / ₂
a ¹	7	7	14	3 ³ / ₄	8 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄
ais ¹	5	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	6 ¹ / ₄	2
b ¹	7 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	15 ¹ / ₂	4
c ²	9	1	1	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	4 ¹ / ₂
cis ²	12	1	1	1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	2
d ²	7 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	—	—	1	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄
dis ²	2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	—	—	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄
e ²	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	—	—	1 ¹ / ₂	—
f ²	4	—	—	—	—	—
fis ²	4	—	—	—	—	—
g ²	3 ³ / ₄	—	—	—	—	—

	Asbest- papier.	Bordpapier.	Filtreer- papier.	Vilt.	Lood.	Celluloid
gis ¹	—	3 ³ / ₄	24	7 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂
a ¹	—	1	18	7	1 ¹ / ₂	6 ¹ / ₄
ais ¹	—	1 ¹ / ₂	20 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂	—	9 ¹ / ₂
b ¹	—	3	8 ¹ / ₂	5	—	4 ¹ / ₄
c ²	—	2 ¹ / ₂	4	3 ¹ / ₂	—	1
cis ²	—	1 ¹ / ₄	3	4 ¹ / ₂	—	1
d ²	—	—	3 ³ / ₄	2	—	1 ¹ / ₄
dis ²	—	—	1	1 ¹ / ₄	—	—
e ²	—	—	1	3 ³ / ₄	—	—
f ²	—	—	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	—	—
fis ²	—	—	1	3 ³ / ₄	—	—
g ²	—	—	—	—	—	—

Deze cijfers wijzen ons weer op den grooten invloed der resonance, zoowel van de platen als van het geheele systeem. Dat de cijfers bij open trechter op één na grooter zijn dan bij de eerste methode, terwijl toch de telefoon verder van de orgelpijp verwijderd is, toont aan, dat de resonator, die door den blikken trechter en de looden trechtervormige stukken gevormd wordt, nu een anderen invloed heeft, en wel sterker werkt voor alle tonen behalve voor dis².

Ondanks de grootere uitslagen voor den open trechter zijn de cijfers voor de verschillende platen nu kleiner dan bij de eerste bepaling, wat dus wel er op wijst, dat de grootte der opvangvlakte eene belangrijke rol speelt, zoodra men de werking van de resonance maar kan elimineeren.

Ook nu was weer telkens met de hand het trillen der platen te voelen.

Om tegen te gaan, dat de platen in hun geheel in trilling geraken, kwamen wij er toe de platen te brengen tusschen doorboorde looden platen, waarvan de openingen juist op elkaar pasten. We namen hiervoor platen van 0.9 c.M. dikte, die op den looden trechter pasten. In deze platen waren 39 gaten geboord met een diameter van 1 à 0,9 c.M. Een rand van 1.7—1.8 c.M. was vrij gelaten van deze doorboringen.

De afstand van den opvangtrechter der telefoon tot de platen bedroeg $8\frac{1}{2}$ c.M. De pijpen werden aangeblazen met 24 c.M. waterdruk.

TABEL IV (dubbele amplitudines).
 OPPERVLAK DER PLATEN ZONDER AFTREK VAN DE
 DEMPENDE LOODTUSSCHENRUIMTEN 98.4 □ C.M.

	Open platen.	Caoutchouc vlies.	Mika.	Kurkplaat.	Ahornhout.
gis ¹	6	5	2	1 ¹ / ₄	2 ³ / ₄
a ¹	5 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂	2	1 ¹ / ₂	3
ais ¹	3 ¹ / ₂	3	1	1 ¹ / ₂ — ³ / ₄	1 ¹ / ₂
b ¹	4 ¹ / ₂	4	³ / ₄	1 ¹ / ₂ — ³ / ₄	1 ¹ / ₄
c ²	4	3 ¹ / ₂	—	—	¹ / ₄
cis ²	6 ¹ / ₂	3 ¹ / ₄	¹ / ₄	¹ / ₄	1 ¹ / ₄ — ¹ / ₂
d ²	3 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	—	—	—
dis ²	2 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄ — ¹ / ₂	—	—	—
e ²	¹ / ₂	¹ / ₄	—	—	—
f ²	³ / ₄	—	—	—	—
fis ²	1	—	—	—	—
g ²	¹ / ₂	—	—	—	—

	Asbest-papier.	Bordpapier.	Filtreer-papier.	Vilt.	Lood.
gis ¹	1 ¹ / ₂	¹ / ₂	2 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	—
a ¹	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄ — ¹ / ₃	2	5	—
ais ¹	1— ³ / ₄	—	1	3 ¹ / ₄	—
b ¹	¹ / ₄	—	1	4	—
c ²	1 ¹ / ₄ — ¹ / ₂	—	¹ / ₄	3	—
cis ²	—	—	¹ / ₂	3 ³ / ₄	—
d ²	—	—	—	1 ¹ / ₄	—
dis ²	—	—	—	1	—
e ²	—	—	—	¹ / ₄	—
f ²	—	—	—	¹ / ₂	—
fis ²	—	—	—	¹ / ₂	—
g ²	—	—	—	—	—

Een opmerkelijk verschil bieden deze cijfers met die der vorige waarnemingen. In geen enkel geval zien we, dat de doorgang van het geluid door de aanwezigheid der platen bevorderd wordt en dus aanzienlijker blijkt, dan wanneer zich geen plaat tusschen de 2 looden doorboorde schijven bevindt. Het best doorgankelijk blijken te zijn het vilt en het caoutchouc, het minst het lood, waarvoor geen enkele uitslag verkregen werd, en ook zeer weinig het bordpapier.

Volgens bovenstaande tabel kunnen we de stoffen naar hare doorgankelijkheid rangschikken tot de volgende reeks.

Caoutchoucvlies, ahornhout, mika, filtreerpapier, kurkplaat, bordpapier, lood, (weggelaten zijn de stoffen, wier curven kruisen).

Met het doel grooter uitslag te verkrijgen, kwamen wij er toe het aantal gaten in de looden platen te vermeerderen. Tusschen de andere openingen werd een aantal nieuwe gemaakt met eene diameter van 0.7 c.M.

De druk was weer 24 c.M. water; de afstand $8\frac{1}{2}$ c.M.

TABEL V (dubbele amplitudines).

PLATEN VAN 93.4 □ C.M. OPPERVLAK, MET DOOR LOOD-
BEZWARING ONDERDRUKTE RESONNANCE.

	Open platen.	Caoutchouc.	Mika.	Kurkplaat.	Ahornhout 1).	Eikenhout.
gis ¹	4 ^{1/2}	4 ^{1/4}	2 ^{1/4}	3	2 ^{1/2}	1/2
a ¹	3 ^{1/2}	3 ^{3/4}	3 ^{1/4}	2 ^{1/2}	4	1/2
ais ¹	3	3 ^{1/4}	2 ^{1/2}	1 ^{3/4}	3 ^{3/4}	1/4
b ¹	3 ^{3/4}	3 ^{3/4}	2	1 ^{1/4}	5 ^{1/2}	1/4
c ²	2 ^{3/4}	2 ^{1/4}	1/4	1/4	5 ^{1/2}	—
cis ²	5 ^{1/2}	2 ^{3/4}	1/2	1/2—3/4	2 ^{3/4}	1/4—1/2
d ²	1 ^{1/2}	1	—	—	1 ^{1/4}	—
dis ²	3	1/2	—	—	3/4	—
e ²	1/2	1/4—1/2	—	—	3/4	—
f ²	1/2	1/2	—	—	1/4	—
fis ²	3/4	1/2	—	—	1/2	—
g ²	1/4	—	—	—	—	—

1) Niet geheel betrouwbaar, aangezien de plaat iets, zij het ook onbeduidend, krom getrokken was.

	Asbest-papier.	Bordpapier.	Filtreer-papier.	Vilt.	Lood.	Celluloid.
gis ¹	1/2	1 ^{1/4}	1 ^{1/2}	4	3/4—1	1/2
a ¹	—	2	2	3 ^{1/4}	1	1/2
ais ¹	—	1 ^{1/4}	1 ^{1/2}	2 ^{3/4}	1/2	1/4
b ¹	—	1 ^{1/4}	1	3	1/4	—
c ²	—	1	1/2	2 ^{1/4}	—	—
cis ²	—	3/4	1 ^{3/4}	3 ^{3/4}	—	—
d ²	—	—	1/2	1 ^{1/4}	—	—
dis ²	—	—	1/2	1 ^{1/2}	—	—
e ²	—	—	1/4	1/4—1/2	—	—
f ²	—	—	—	1/4—1/2	—	—
fis ²	—	—	—	1/2	—	—
g ²	—	—	—	—	—	—

Wat wij ons voor oogen stelden is eenigermate gelukt. We hebben grooter uitslag gekregen, echter verwondering mag het baren, dat, nu het aantal openingen vermeerderd is, de uitslagen voor open loodplaten op een na n.l. dis^2 verkleind zijn. Hier blijkt alweer de invloed van den resonator, gevormd door verschillende onderdeelen onzer opstelling.

De resonance van de platen als zoodanig is vrijwel onderdrukt. Alleen het ahornhout heeft zijn oude resonance-toon behouden.

Wat er nog is aan resonance, is wel toe te schrijven aan trechter, telefoon en snaar.

Rangschikken we ook volgens deze tabel de stoffen naar de doorgankelijkheid (met weglating der stoffen wier curven kruisen) dan krijgen we deze reeks:

caoutchoucvlies van 0.25 m.M., kurkplaat van 1.6 m.M., lood van 0.11 m.M., celluloid van 0.25 m.M.; het meest laat door caoutchouc en mika, het minst lood, celluloid en asbestpapier.

Wel is het duidelijk, dat de laatste twee tabellen van meer waarde zijn dan de eerste twee; echter blijft toch ook bij de laatste tabellen een invloed der resonance, niet zoozeer, omdat de doorboorde looden platen noemenswaard zouden meetrillen, maar omdat de eigentoon van het geheele systeem van geval tot geval variëert.

De totaalindruk is, dat schijven van niet-poreuze stoffen in haar geheel trillen en op die wijze vooral het geluid overbrengen.

Tusschen doorboorde loodenplaten gevat, moet men zich thans voorstellen, dat de uiterst kleine membraantjes, die tusschen de openingen vrij blijven, elk op zichzelf gaan trillen en op die wijze het geluid doorlaten.

Asbestpapier van 4 m.M. dikte, schijnt zoo dicht te zijn,

dat zijn poriën geen geluid doorlaten en zoo weinig meetrillend, dat het papier tusschen de openingen niet meetrilt. Als groot vlies geraakt het echter zeer duidelijk in vibratie. Halveert men de oppervlakten, dan houdt dit op en is het asbest papier voor de tonen der Bezoldsche spraakzône eene voortreffelijke afsluiting.

HOOFDSTUK IV.

Tweede proefreeks betreffende de geluidsdoorgankelijkheid van platen.

Daar de methode, in het vorige hoofdstuk besproken, bezwaren heeft, aangezien we telkens voor een stof grooter uitslag krijgen dan voor open trechter, wat we voor een groot gedeelte afhankelijk beschouwden van den invloed van het stelsel, dat als resonator werkte, meenden we voor zekerder resultaten ons te moeten wenden tot eene proefneming, waar we zoo'n resonator-invloed zoo goed als geheel buiten beschouwing konden laten. Het meest geschikt leek ons de telefoon in eene geluiddichte kist te zetten, waarvan de binnenwand met dik los paardenhaar was bekleed en in het deksel eene opening te laten, waarboven de te onderzoeken stoffen konden gelegd worden en waarvoor de orgelpijpen opgesteld zouden worden.

We namen hiervoor een houten kist, die in elke afmeting eene lengtemaat van 42 c.M. had en 0.85 c.M. dik was. De binnenwand was bekleed met een loodlaag ter dikte van 0.1 c.M. en tegen dezen loodwand was de laag trichopiëse van 4 c.M. dikte aangebracht. De opvangtrechter van de telefoon zou echter buiten de kist te voorschijn zijn gekomen. Daarom werd in het deksel eene groote opening gemaakt en hierboven een looden cylinder aangebracht, die den telefoontrechter omsloot zonder dien aan te raken.

De looden cylinder had eene hoogte van 14.7 c.M. en een diameter (uitw.) van 19 c.M. en was van een omgeslagen rand voorzien van 3.9 c.M. breedte. Deze stelde ons in staat om er de te onderzoeken platen op te leggen, terwijl wij voor fixatie denzelfden ring konden gebruiken, als bij onze vroegere proeven.

Het deksel van de kist, waarin eene opening gemaakt was, overeenkomend met den diameter van den cylinder, was van boven en onderen en ook van ter zijde van eene loodlaag voorzien.

De telefoon rustte op den bodem van de kist, op het trichopiëse en werd gefixeerd door 2 houten grepen, die een steun vonden tegen de zijwanden van de kist.

Het snoer van de telefoon ging door eene nauwe opening in een der zijwanden van de kist. Een kort, nauw looden buisje, met breed voetstuk, was op deze opening gezet, om geluidslekken te voorkomen. Opdat ook het deksel volkomen geluiddicht zou afsluiten, was om het deksel een looden gootje aangebracht, dat met gele was volgegoten werd. Het zij nog vermeld, dat de looden cylinder, behalve dat hij aan het deksel vastgeklonken, ook nog door soldeer daarmede bevestigd was.

De draden van de telefoon waren direct verbonden met de goudsnaar (85 m.M. lang en 5μ dik) van den galvanometer met permanent-magneet.

Wij mochten wel aannemen, dat zoo er nog een resonerende invloed van de kist bestond, deze toch zeer gering zou zijn.

De als geluidsbron dienst doende, open, looden orgelpijpen, werden in horizontalen stand boven de opening van den cylinder opgesteld. Zij moesten daarvoor in een glazen flesch met dubbelen hals gestoken worden, terwijl door

een glazen buisje, dat door eene caoutchouc stop, die den anderen hals afsloot, aangebracht was, lucht in de flesch aangevoerd werd. De glazen flesch rustte op een tafeltje met verstelbaar blad, zoodat we den afstand van geluidsbron tot de te onderzoeken stof naar willekeur konden veranderen.

Terwijl we bij onze vorige proeven voor één stof de uitslagen bij verschillende tonen nagingen, onderzochten we nu telkens verschillende stoffen voor één afzonderlijken toon.

Gemeten werden weer de uitslagen der snaar bij eene spanning, die dusdanig geregeld werd, dat deze uitslagen zoo groot mogelijk waren.

Bij onze eerste waarnemingen werden de proefstoffen op den cylinder gefixeerd door den looden ring, dien we ook vroeger gebruikten.

De pijpen werden aangeblazen onder een druk van 20 c.M. water.

De cijfers, tusschen haakjes achter de verschillende tonen geplaatst, geven den afstand aan in c.M. der pijp tot de proefplaat, terwijl de achter de proefplaten vermelde cijfers de dikte aangeven in m.M.

TABEL I (dubbele amplitudines).

	a ¹ (10)	ais ¹ (10)	b ¹ (10)	c ² (7 ¹ / ₂)	cis ² (6 ¹ / ₂)	d ² (6 ¹ / ₂)
Open cylinder	23	15	6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₄	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₂
Caoutch.membr.(0.25)	6 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	2	2 ¹ / ₄	3
Mika (0.22)	2 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	1
Kurkplaat (1.75)	4	2	2	2 ³ / ₄	2 ¹ / ₂	3
Eikenhout (0.95)	2 ¹ / ₄	1	2	2 ¹ / ₄	2 ¹ / ₄	2 ¹ / ₂
Asbestpapier (4)	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	—	—	< 1 ¹ / ₄	—
Bordpapier (1.5)	2 ¹ / ₂	1	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	3 ³ / ₄
Filtr.papier, 1 st. (0.2)	15	8	3 ¹ / ₂	4	4	5 ¹ / ₄
2 stuks (0.2 + 0.15)	10 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	2 ³ / ₄	3	3	4
3 „ (0.2 + 2 × 0.15)	8	4 ³ / ₄	2	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₄
4 „ (0.2 + 3 × 0.15)	6 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	1 ³ / ₄	2 ¹ / ₄	2 ¹ / ₄	2 ³ / ₄
5 „ (0.2 + 4 × 0.15)	5	2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	2	2	2 ¹ / ₂
Vilt (1 stuk) (1)	17	8 ¹ / ₂	4	5	5 ¹ / ₂	7
2 stuks (2 × 1)	12	6	2 ³ / ₄	3 ¹ / ₂	4 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂
Lood (0.11)	1 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄
„ (0.15)	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	< 1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂
„ (0.17)	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	—	—	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂
Celluloid (0.25)	7	4	1	1 ¹ / ₄	2	2 ¹ / ₂
Aluminium (1)	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	—	< 1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄
„ (0.5)	2 ¹ / ₄	1	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂

	dis ² (6 ^{1/2})	e ² (5 ^{1/2})	f ² (9 ^{1/2})	fis ² (7)	g ² (7)
Open cylinder.	8	6	13	4	2 ^{1/2}
Caoutchouc membraan	3 ^{1/2}	3 ^{1/2}	2 ^{1/2}	3/4	1/2
Mika	1 ^{1/2}	3	2 ^{1/4}	1/2	1/4—1/2
Kurkplaat	3	3 ^{1/2}	2	1/2	1/4
Eikenhout	2 ^{1/2}	3 ^{1/4}	1 ^{1/4}	—	—
Asbestpapier	1/4	1/2	—	—	—
Bordpapier.	3/4	1 ^{1/4}	—	—	—
Filtreerpapier, 1 stuk	5 ^{1/4}	4 ^{3/4}	7 ^{1/2}	2	1 ^{1/2}
2 stuks	4 ^{1/4}	4	4	1 ^{1/2}	1
3 stuks	3 ^{1/2}	3 ^{1/2}	2 ^{1/2}	1	3/4
4 stuks	3	3	2	3/4	1/2
5 stuks	2 ^{3/4}	2 ^{3/4}	1 ^{1/2}	1/2	1/4—1/2
Vilt, 1 stuk	7	5	6 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2
2 stuks	6	4 ^{1/2}	4 ^{1/4}	1 ^{1/2}	1 ^{1/4}
Lood, 0.11 m.M.	3/4	1 ^{1/4}	1/4	—	—
" 0.15 m.M.	1/2—3/4	1 ^{1/4}	1/4	—	—
" 0.17 m.M.	1/2	1	—	—	—
Celluloid	3	3	2	1/4	1/4
Aluminium, 1 m.M.	1/4—1/2	1/2—3/4	—	—	—
" 0.5 m.M.	1/2—3/4	1	—	—	—

Deze cijfers doen direct inzien, dat de waarde, die er aan te hechten is, veel grooter is dan bij onze vorige proeven.

De uitslagen voor de verschillende stoffen, zijn bijna altijd grooter of kleiner in dezelfde mate als de uitslagen bij open cylinder grooter of kleiner zijn. Vooral bij de eerste 6 tonen is dit het duidelijkst; f² levert nog het meeste verschil. Dat sommige stoffen voor een bepaalden toon een grooter uitslag geven, dan men uit vergelijking met de andere cijfers zou verwachten, is hier wel van afhankelijk, dat in zoo'n geval de eigentoon der plaat vrijwel overeenkomt met de toons-

hoogte der geluidsbron en we zoo toch resonance verkrijgen.

Ter vergelijking hebben we ook nagegaan de uitslagen als de stoffen zich bevonden tusschen de doorboorde looden platen, die we reeds vroeger vermeldden en ook voor kleinere oppervlakten n.l. op den looden trechter met kleinen ring (zie vorig hoofdstuk) en ten slotte nog voor doorboorde platen van kleiner oppervlakte. Druk 20 c.M. water

Allereerst volge een tabel voor de groote doorboorde platen op den cylinder:

TABEL II (dubbele amplitudines).

	a ¹ (19)	ais ¹ (19)	b ¹ (6)	c ² (6)	cis ² (6)	d ² (6)
Open platen	11	7 ¹ / ₂	10	7 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	7
Caoutchouc membr.	2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	2	2	1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄
Mika	1 ¹ / ₂	3/4	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	3/4	1 ¹ / ₄
Kurkplaat.	1 ¹ / ₄	3/4	1 ¹ / ₄	1 ³ / ₄	3/4	2 ¹ / ₂
Eikenhout.	1	1/2	1/2	3/4	1	3 ¹ / ₄
Astbestpapier.	1/2	1/2	1 ¹ / ₂	1	1/2	1
Bordpapier	2 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	3	3/4	1/2	1 ¹ / ₄
Filtreerpapier, 1 stuk.	1 ³ / ₄	1 ¹ / ₄	4	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂
2 stuks	1	1/2—3/4	1 ³ / ₄	2 ¹ / ₄	2	3 ³ / ₄
3 stuks	1/2—3/4	1/4—1/2	—	1	3/4	2
4 stuks	1/4—1/2	1/4	—	—	1/4	1/2
5 stuks	< 1/4	< 1/4	—	—	—	—
Vilt, 1 stuk	6 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂	4	6
2 stuks	4	3 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	3 ¹ / ₂	5
Lood, 0.11 m.M.	1/4—1/2	1/4	1/2	1/2	1/2	3/4
" 0.15 m.M.	1/4—1/2	1/4	1/2	1/2	1/2	3/4
" 0.17 m.M.	1/4	1/4	1/4—1/2	1/2	1/2	1/2
Celluloid.	1	1/2	3/4	1/2	3/4	2
Aluminium, 1 m.M.	3/4—1	< 1/4	3/4	1/2	1/4—1/2	1/2
" 0.5 m.M.	1 ¹ / ₄	1/4	1 ¹ / ₄	3/4	1/2	1

	dis ² (5)	e ² (5)	f ² (11)	fis ² (4 1/2)	g ² (4)
Open platen	5	5	12	4	2 ³ / ₄
Caoutchouc membraan	2	3	1 ¹ / ₄	³ / ₄	¹ / ₂
Mika	1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	1	¹ / ₄	¹ / ₄
Kurkplaat	1 ¹ / ₄	3	1 ¹ / ₄	¹ / ₂	¹ / ₄
Eikenhout	1 ¹ / ₂	3	1	¹ / ₄	—
Asbestpapier	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	—	—	—
Bordpapier	³ / ₄	1 ¹ / ₂	¹ / ₄	—	—
Filtreerpapier, 1 stuk	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂
2 stuks	2 ³ / ₄	3	1 ¹ / ₂	1	³ / ₄
3 stuks	2 ¹ / ₄	2 ³ / ₄	³ / ₄	¹ / ₂	¹ / ₂
4 stuks	1	2	¹ / ₄	—	¹ / ₄
5 stuks	¹ / ₄	1	—	—	—
Vilt, 1 stuk	4 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	4 ¹ / ₄	2 ¹ / ₂	2
2 stuks	4	3	3	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂
Lood, 0.11 m.M.	¹ / ₂	1	¹ / ₄	—	—
" 0.15 m.M.	¹ / ₂	³ / ₄ —1	¹ / ₄	—	—
" 0.17 m.M.	¹ / ₂	¹ / ₄	¹ / ₄	—	—
Celluloid	1 ¹ / ₄	1 ³ / ₄	¹ / ₂	—	—
Aluminium, 1 m.M.	¹ / ₄ — ¹ / ₂	³ / ₄	—	—	—
" 0.5 m.M.	¹ / ₂	1	¹ / ₄	—	—

De volgende tabel geeft een overzicht der uitslagen als we kleinere platen nemen.

De druk, waarmee de pijpen angeblazen worden, bedraagt weer 20 c.M. water.

TABEL III (dubbele amplitudines).

	a ¹ (29)	ais ¹ (21)	b ¹ (7½)	c ² (7)	cis ² (5½)	d ² (5½)
Open trechter	4	4	7½	6	6	9
Caoutchouc membr.	½	½	2	1¾	1¾	2¾
Mika	—	—	¾	¾	¾	1½
Kurkplaat	—	¼	1	1	1	1½
Eikenhout	10	12	4¼	3¼	2¾	3½
Asbestpapier	—	—	½	¼	¼	½
Bordpapier	½—¾	2¼	3¾	2	3¾	2¾
Filtreerpapier, 1 stuk	1¾	1¾	3½	2¾	2¾	5½
2 stuks	1¼	1¼	2½	2	2	3¾
3 stuks	1	1	2	1½—1¾	1¾	3
4 stuks	¾	¾	1¾	1¼—1½	1½	2½
5 stuks	½—¾	½—¾	1½	1¼	1¼—1½	2
Vilt, 1 stuk	2½	2½	4½	4¼	4½	7
2 stuks	1½	1¾	3½	3¼	3½	5¾
Lood, 0.11 m.M.	—	—	¼	½—¾	½	¾
„ 0.15 m.M.	—	—	¼	½	¼—½	½—¾
„ 0.17 m.M.	—	—	—	¼	¼	¾
Celluloid	—	—	1½	1¼	1½	2
Aluminium, 1 m.M.	—	¼	½	¼—½	¼	¾
„ 0.5 m.M.	—	½	1	¾	5	6½

	dis ² (5 ^{1/2})	e ² (9)	f ² (8)	fis ² (4 ^{1/2})	g ² (4 ^{1/2})
Open trechter.	6	9 ^{1/2}	6	3	2
Caoutchouc membraan . . .	2	7	1	1/2	1/4
Mika	1	2	—	—	—
Kurkplaat.	1 ^{1/4}	2 ^{1/4}	—	—	—
Eikenhout.	2	4 ^{1/2}	1/2	—	—
Asbestpapier	1/4	3/4	—	—	—
Bordpapier.	1 ^{1/2}	3 ^{1/2}	1/4	—	—
Filtreerpapier, 1 stuk	4	7	3 ^{1/2}	1 ^{1/2}	1
2 stuks	3 ^{1/2}	5 ^{1/2}	2 ^{1/4}	1	1/2—3/4
3 stuks	2 ^{1/2}	3 ^{1/2}	1	3/4	1/2
4 stuks	2	2 ^{1/4}	3/4	1/2	1/4—1/2
5 stuks	1 ^{1/2} —1 ^{3/4}	2	3/4	1/4—1/2	1/4
Vilt, 1 stuk.	4 ^{1/2}	7 ^{1/2}	3 ^{1/2}	2	1 ^{1/4}
2 stuks	3 ^{1/2}	6 ^{1/2}	2 ^{1/4}	1 ^{1/2}	1
Lood, 0.11 m.M.	1/2	1 ^{1/4}	—	—	—
" 0.15 m.M.	1/2	1 ^{1/4}	—	—	—
" 0.17 m.M.	1/2	1 ^{1/4}	—	—	—
Celluloid.	2	5	1	1/4—1/2	1/4
Aluminium, 1 m.M.	1/2—3/4	1 ^{3/4}	< 1/4	—	—
" 0.5 m.M.	2 ^{1/4}	5 ^{1/2}	1/4—1/2	—	—

Ten slotte werd de reeks van stoffen nog onderzocht, als ze geplaatst werden tusschen 2 doorboorde looden platen, welke pasten op het trechtersvormig looden stuk, dat we ook bij onze vorige tabel gebruikten. Deze platen hadden een diameter van 12.9 c.M., een dikte van 1.7 c.M. De diameter der openingen bedroeg 0.9 c.M., terwijl een buitenrand van 1.9 à 2 c.M. vrij was van doorboringen.

De druk, waarmede de pijpen aangeblazen werden, bedroeg weer 20 c.M. water.

TABEL IV (dubbele amplitudines).

	a ¹ (28)	ais ¹ (17½)	b ¹ (5)	c ² (5)	cis ² (4½)	d ² (5)
Open platen	1¾	2½	6	5	3¼	5
Caoutchouc membr. .	—	½	1½	1¼	¾	1
Mika	—	½	2	1	½—¾	1
Kurkplaat	—	—	—	—	—	—
Eikenhout	—	—	—	—	—	—
Asbestpapier	¼	¼—½	½—¾	½	¼	—
Bordpapier	—	—	—	—	—	—
Filtreerpapier, 1 stuk	¼	¼	1	1¼	—	1½
2 stuks	¼	—	—	—	—	—
3 stuks	—	—	—	—	—	—
4 stuks	—	—	—	—	—	—
5 stuks	—	—	—	—	—	—
Vilt, 1 stuk	¾	1¾	4½	4	2¾	4
" 2 stuks	½	1¼	3¾	3¼	2	3½
Lood, 0.11 m.M.	—	¼	¼	—	—	—
" 0.15 m.M.	—	—	¼	—	—	¼
" 0.17 m.M.	—	—	¼	—	—	—
Celluloid	—	—	¾	½	¼	¾
Aluminium, 1 m.M.	—	—	—	—	—	—
" 0.5 m.M.	—	—	—	—	—	¼

	dis ² (3)	e ² (12 ^{1/2})	f ² (5)	fis ² (2)	g ² (2)
Open platen	9 ^{1/2}	11	5 ^{1/2}	2	1 ^{1/4}
Caoutchouc membraan	3 ^{1/2}	1 ^{1/4}	1/2	—	—
Mika	2	1/2	1/2	—	—
Kurkplaat	2	—	—	—	—
Eikenhout	—	—	—	—	—
Asbestpapier	1	—	—	—	—
Bordpapier	—	—	—	—	—
Filtreerpapier, 1 stuk	2	1/4	—	—	—
2 stuks	3/4	—	—	—	—
3 stuks	—	—	—	—	—
4 stuks	—	—	—	—	—
5 stuks	—	—	—	—	—
Vilt, 1 stuk	8	5	3 ^{1/2}	1 ^{1/2}	1
" 2 stuks	7	3 ^{1/4}	2 ^{1/4}	1	3/4
Lood, 0.11 m.M.	1 ^{1/4}	—	—	—	—
" 0.15 m.M.	3/4	—	—	—	—
" 0.17 m.M.	3/4	—	—	—	—
Celluloid	2 ^{1/4}	—	—	—	—
Aluminium 1 m.M.	—	—	—	—	—
" 0.5 m.M.	3/4	—	—	—	—

Uit de voorafgaande tabellen laten zich eenige belangrijke gevolgtrekkingen maken. In de eerste plaats is al direct te besluiten, dat de wijze van onderzoek, waarbij de telefoon in de kist geplaatst is, zuiverder is dan de methode, die wij bij de 1^{ste} proefreeks toepasten. De cijfers laten dit direct zien. De resonance-invloed is hier veel minder, wat volkomen te begrijpen is uit het feit, dat we nu niet zoo'n geheel systeem hebben, dat als resonator werkt. Immers hebben we de kist van binnen met trichopiëse

bekleed, om eene terugkaatsing tegen de binnenwanden te voorkomen, en ook de invloed van den cylinder is niet groot te achten, daar toch de opening van den cylinder vlak boven de trechteropening van de telefoon gesteld is.

Van de vier verschillende manieren, waarop wij onze platen in deze proefreeks onderzochten, zijn de eerste en tweede als de meest betrouwbare te beschouwen, daar toch bij de derde en vierde methode de opvangtrechter van de telefoon weer eenigszins overwelfd was en dit ongetwijfeld weer ingewikkelder resonnance-verhoudingen geeft.

De nu volgende tabel geeft een overzicht over de 4 verschillende wijzen van onderzoek.

Voor elke stof wordt de doorlaatbaarheid in % uitgedrukt, zijnde het gemiddelde % van alle tonen.

TABEL V (‰ doorlaatbaarheid).

	Dikte in m.M.	P.S.	I. Groote ring.	II. Groote doorboorde platen.	III. Kleine ring.	IV. Kleine doorboorde platen.
Open cylinder	—	—	100	100	100	100
Caoutchouc membr.	0.25	1.102	29.3	24.9	31.7	21.3
Mika	0.22	2.716	18	16.2	14.8	17
Kurkplaat	1.75	0.214	25	18.8	17.2	21
Eikenhout	0.95	0.491	19.8	17.1	73.7	—
Asbestpapier	4	1.07	3.3	12.8	5.7	10.7
Bordpapier	1.5	0.875	8.7	16.7	35.1	—
Filtreerpapier, 1 stuk	0.2	0.463	59.9	41.4	55.5	16
2 stuks	0.2 + 0.15	"	43.8	26.4	40.7	8.9
3 stuks	0.2 + 2 × 0.15	"	33.7	17.1	29.6	—
4 stuks	0.2 + 3 × 0.15	"	27.8	8.7	23	—
5 stuks	0.2 + 4 × 0.15	"	23	5.3	19.6	—
Vilt, 1 stuk	1	0.368	69	64.4	69.8	69.7
2 stuks	2 × 1	"	50.7	49.2	54	54
Lood	0.11	11.37	6.6	6.6	8.8	9.7
"	0.15	"	4.7	6.4	8	6.1
"	0.17	"	4.4	5.5	8.2	6.5
Celluloid	0.25	1.36	26	12.8	23.4	15.7
Aluminium	1	2.6	5	7.3	8.6	—
"	0.5	"	7.8	9.6	39.6	6.9

De groote waarden, die we in de 3^{de} kolom vinden voor eikenhout en aluminium (0.5), zijn hetgevolg van de paar zeer bevoorrechte tonen voor die gevallen. (Zie tabel III, blz. 50).

Zetten we de platen in een reeks volgens haar absoluut gewicht (gerekend dat de oppervlakte 100 c.M² is), met daarachter de doorlaatbaarheid in ‰ volgens kolom I, dan krijgen we

TABEL VI.

Asbest 42.8 gr.	3.3 %	Kurkplaat 3.75 gr.	25 %
Aluminium (1 m.M.) 26 gr.	5 "	Filtreerpapier 5 stuks 3.7 gr.	23 "
Lood (0.17 m.M.) 19.33 gr..	4.4 "	Vilt 1 stuk 3.68 gr.	69 "
" (0.15 ") 17.06 " .	4.7 "	Celluloid 3.4 gr.	26 "
Bordpapier 13.13 gr.	8.7 "	Filtreerpapier 4 stuks 3.01 gr.	27 "
Aluminium (0.5 m.M.) 18 gr.	7.8 "	Caoutchoucvlies 2.78 gr.	29.3 "
Lood (0.11 m.M.) 12.51 gr..	6.6 "	Filtreerpapier 3 stuks 2.32 gr.	33.7 "
Vilt (2 stuks) 7.36 gr.	50.7 "	" 2 " 1.62 "	43.8 "
Mika 5.98 gr.	13 "	" 1 stuk 0.93 "	59.9 "
Eikenhout 4.67 gr.	19.8 "		

Laten wij bij onze beschouwing van deze reeks het zeer poreuze vilt buiten rekening, dan vinden we, op kleine afwijkingen na, dat de stoffen, met het grootste absolute gewicht, het minste geluid doorlaten. Dit is geheel in overeenstemming met BERGER, die dezelfde reeksen vond, ook met kleine afwijkingen.

Nemen we voorloopig aan, dat de geluidsdoorgankelijkheid evenredig zal zijn aan de laagdikten, dan krijgen we, wanneer we de dikte der platen terugbrengen tot 1 m.M.:

TABEL VII.

	P.S.	Doorlaatbaarheid.
Lood	11.37	0.73 %
Mika	2.716	2.86 "
Aluminium . . .	2.6	5 "
Celluloid	1.36	6.5 "
Caoutchouc . . .	1.102	7.33 "
Asbestpapier . .	1.07	13.2 "
Bordpapier	0.875	13.05 "
Eiken hout . . .	0.491	18.81 "
Filtreerpapier . .	0.463	11.98 "
Vilt	0.368	69 "
Kurkplaat	0.214	43.75 "

Ook in deze tabel is het eigenlijk alleen het vilt, dat eene noemenswaardige afwijking geeft.

Geven we deze reeksen ook voor de 3 andere kolommen uit Tabel V, dan krijgen we voor kolom 2 nagenoeg dezelfde reeksen, met iets meer afwijkingen. Voor de kolommen 3 en 4 zijn de afwijkingen veel aanzienlijker. Ik heb daarom gemeend, deze reeksen niet te moeten vermelden.

De uitkomsten van dit onderzoek zijn belangrijk. Duidelijk blijkt, dat niet poreuze stoffen, met een hoog soortelijk of een hoog absoluut gewicht, als geluidsisolatoren moeten gebruikt worden.

Nog werden met behulp van de kist, waarin telephoon, de volgende stoffen onderzocht: trichopiëse, dik vilt, kurksteen, turfmos en leer. Deze stoffen, het leer uitgezonderd, konden niet gebruikt worden op dezelfde wijze, als de stoffen der vorige reeksen, want legden we ze op den cylinder, alleen gefixeerd door een looden ring, dan lekte aan de randen der schijven geluid door en kon van een nauwkeurige bepaling geen sprake zijn.

Daarom kwam een looden ring met opstaanden rand in toepassing.

De opening van dezen ring kwam overeen met de opening van den looden cylinder.

In den rand van den ring paste nauwkeurig de bezwaeringsring, die zoo noodig gebruikt werd.

De genoemde stoffen (behalve het leer), werden nu in schijfvorm gelegd in den ring. Het geperste trichopiëse, dat onderzocht werd, sloot zeer nauwkeurig aan, het lossere en het vilt iets minder en daarom drukten we dit aan met den looden ring. Het kurksteen en de turfmos werden bovendien met behulp van gele was ingesmolten, wegens hunne bijzondere ongelijkmatigheid van oppervlak.

De pijpen (ais¹—g²) werden als gewoonlijk aangeblazen onder een druk van 20 c.M. water.

Trichopiëse, 1 c.M. dik, (zeer los, zoodat groote poriën te zien zijn).

P.S. = 0.111.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Open cylinder.	Tricho- piëse.	Doorlaat- baarheid in %.		Open cylinder.	Tricho- piëse.	Doorlaat- baarheid in %.
ais ¹	11	10 ¹ / ₂	95.5	e ²	4 ¹ / ₄	4 ¹ / ₄	100
b ¹	4 ¹ / ₂	4 ¹ / ₄	94.4	f ²	14 ¹ / ₂	12	82.8
c ²	4 ³ / ₄	4 ³ / ₄	100	fis ²	2 ³ / ₄	2 ¹ / ₂	90.9
cis ²	3	3	100	g ²	1 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	85.7
d ²	5 ¹ / ₂	5 ¹ / ₄	95.5	Gemiddeld			94.5
dis ²	3	3	100				

Trichopiëse, sterk geperst, dikte 2 c.M.

P.S. = 0.211.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Open cylinder.	Tricho- piëse.	Doorlaat- baarheid in %.		Open cylinder.	Tricho- piëse.	Doorlaat- baarheid in %.
ais ¹	14	9 ¹ / ₂	67.9	e ²	5	4 ¹ / ₂	90
b ¹	7	4 ¹ / ₂	64.3	f ²	15	9 ¹ / ₂	63.3
c ²	6	4 ¹ / ₂	75	fis ²	4 ¹ / ₂	3	66.7
cis ²	4	3	75	g ²	2	1 ¹ / ₂	75
d ²	3 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	64.3	Gemiddeld			72.5
dis ²	4 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	83.3				

Vilt, dikte 1.55 c.M.

P.S. = 0.196.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Open cylinder.	Vilt.	Doorlaat- baarheid in %.		Open cylinder.	Vilt.	Doorlaat- baarheid in %.
ais ¹	9	3	33.3	e ²	4 ¹ / ₂	4	88.9
b ¹	3	1	33.3	f ²	13	2	15.4
c ²	4	1 ¹ / ₄	31.3	fis ²	3 ³ / ₄	3 ³ / ₄	20
cis ²	2 ³ / ₄	1	36.4	g ²	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	20
d ²	3	1 ¹ / ₄	41.7	Gemiddeld			39
dis ²	3 ¹ / ₄	2 ¹ / ₄	69.2				

Kurksteen, dikte 1.8 c.M.

P.S. = 0.31.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Open cylinder.	Kurksteen.	Doorlaat- baarheid in %.		Open cylinder.	Kurksteen.	Doorlaat- baarheid in %.
ais ¹	16	3 ³ / ₄	4.7	e ²	5 ¹ / ₄	3	57.1
b ¹	7 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	6.7	f ²	15	1 ¹ / ₂	3.3
c ²	6	1 ¹ / ₂	8.3	fis ²	9 ¹ / ₂	—	—
cis ²	4 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	8.3	g ²	3	—	—
d ²	4 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	11.1	Gemiddeld			15.2
dis ²	4 ¹ / ₂	1	22.2				

Turfmos, dikte 1.8 c.M.

P.S. = 0.15.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Open cylinder.	Turfmos.	Doorlaat- baarheid in ‰.		Open cylinder.	Turfmos.	Doorlaat- baarheid in ‰.
ais ¹	14	2 ¹ / ₄	16.1	e ²	5	2	40
b ¹	6	3 ¹ / ₄	12.5	f ²	16 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1.5
c ²	5 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	8.7	fis ²	15	—	—
cis ²	4 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	5.5	g ²	3 ¹ / ₂	—	—
d ²	5 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂ —3 ¹ / ₄	11.4				
dis ²	4	3 ¹ / ₄	18.8	Gemiddeld			14.8

Leer, dikte 0.22 c.M.

P.S. = 1.03.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Open cylinder.	Leer.	Doorlaat- baarheid in ‰.		Open cylinder.	Leer.	Doorlaat- baarheid in ‰.
c ²	6	1 ¹ / ₄	4.2	dis ²	5 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	6.8
d ²	9	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	4.2	e ²	5	1 ¹ / ₄	5
Gemiddeld							5.1

Voor de andere tonen werd geen uitslag verkregen.

Verzwakkende werking (d. w. z. reciproque waarde der doorlaatbaarheid) van poreuse stoffen per 1 c.M. laagdikte, berekend uit bovenstaande tabellen.

Doorlaatbaarheid in %.		
Trichopièse, los geweven	94.5	1.1
Trichopièse, geperst	72.5	1.2 × (geïntropeleerd)
Vilt	39	2 " "
Kurksteen	15.2	4.1 " "
Turfmos	14.3	4.3 " "
Leer	5.1	91 " (geëxtrapoleerd)

Men kan dit resultaat in verband brengen òf met het gewicht der poreuze stoffen, òf met de luchtdoorgankelijkheid.

TABEL.

	Soortelijk gewicht.	Verzwakkende werking.
Trichopièse, los	0.111	1.1 ×
Turfmos	0.150	4.3 "
Vilt	0.196	2 "
Trichopièse, vast	0.211	1.2 "
Kurksteen	0.310	4.1 "
Leer	1.030	91 "

De reeks, aangevend de soortelijke gewichten, komt dus niet overeen met die der verzwakkende werking.

Absolute gewichten.	
Trichopièse, los	21 gr.
Turfmos	51 "
Vilt	57.5 "
Trichopièse, vast	74.5 "
Kurksteen	105 "

De reeks der absolute gewichten geeft ook geene opheldering.

De *luchtdoorgankelijkheid* der poreuze stoffen werd gemeten door de schijven op te sluiten in een luchtweg, waardoorheen de lucht onder 10 c.M. waterdruk werd voortbewogen.

De cijfers in de volgende tabel geven aan de uitslagen van den aërodromometer, dus het betrekkelijk luchttransport per tijdseenheid.

Trichopiëse los	20
„ geperst	13
Vilt	43
Kurksteen.	3.5
Turfmos.	8

Een samenhang tusschen deze reeks en de verzwakking van het geluid is niet te bespeuren, evenmin gelukt het eene bevredigende overeenstemming te verkrijgen, wanneer men luchtdoorgankelijkheid en soortelijk gewicht combineert.

Uit de theoretische voorstellingen van Lord RAYLEIGH vloeit voort, dat men ook nog rekening heeft te houden met de warmte-overdracht van de lucht op de vaste deeltjes. In het algemeen genomen zijn de poreuze stoffen, die ik onderzocht, slechte warmtegeleiders; het ontbrak mij echter aan de gelegenheid zelf bepalingen aangaande deze physische eigenschap der onderzochte stoffen te doen, zoodat ik den invloed van dezen factor niet in rekening heb kunnen brengen.

Het geheele vraagstuk, ter verklaring van het geluidwerend vermogen van poreuze stoffen, moet ik derhalve voorloopig openlaten.

HOOFDSTUK V.

Doorlatingsvermogen van weefsels voor geluid.

De dierlijke weefsels werden eerst onderzocht in de camera silenta op den looden trechter, zooals we dat deden met de stoffen in hoofdstuk III, en daarna volgens de methode waarbij de telephoon in de kist geplaatst was. Het eerste gedeelte van dit onderzoek werd verricht, direct nadat we de platen volgens die methode onderzocht hadden, echter wordt het eenvoudigheidshalve eerst nu tegelijk met de andere methode vermeld.

Huid (mensch): 2—2.5 m.M. dik, geplaatst tusschen de beide doorboorde looden platen, terwijl de groote ring het geheel nog wat steviger aandrukt. Bij controle met de glazen plaat blijkt er nu volkomen afsluiting te bestaan.

De pijpen werden aangeblazen onder druk van 24 c.M. water, de afstand van den trechter van de telephoon tot de huidlap bedroeg 5 c.M.

TABEL I (dubbele amplitudines).

	Open trechter.	Huid.	Doorlaatbaarheid in ‰
gis ¹	17½	1	5.7
a ¹	16	1	6.3
ais ¹	13	½—¾	2.9
			Gemiddeld 5 ‰

Werd de huidlap direct op den looden trechter gelegd, en alleen met behulp van den looden ring aangedrukt, dan waren de uitslagen: druk 24 c.M. water; afstand 5.5 c.M.

TABEL II (dubbele amplitudines).

	Open trechter.	Huid.	Doorlaatbaarheid in %.
gis ¹	6 ¹ / ₂	2	30.8
a ¹	6	1 ¹ / ₂	25
ais ¹	3 ¹ / ₂	1	28.6
b ¹	4	¹ / ₄ — ¹ / ₂	9.4
			Gemiddeld 23.5

Vervolgens werd de huidlap gelegd op het looden trechtervormig stuk, dat op den looden trechter past, en met den kleinen ring aangedrukt. Druk 24 c.M. water; afstand 4.5 c.M.

TABEL III (dubbele amplitudines).

	Open trechter.	Huid.	Doorlaatbaarheid in %.
gis ¹	15 ¹ / ₂	¹ / ₂	3.2
a ¹	14	¹ / ₂	3.6
ais ¹	12 ¹ / ₂	< ¹ / ₄	1
			Gemiddeld 2.6

Voor hoogere tonen werd in geen dezer gevallen een uitslag verkregen.

*Uit de groote verschillen, die aan den dag komen, al naar gelang van de grootte, en wijze van bevestiging van den

huidlap, blijkt weer de groote beteekenis van de resonance, in het midden latend wat de voornaamste oorzaak is, modificatie van toevoerend stelsel of modificatie van den huidlap.

Spier (rond) dikte ± 7 m.M.

Daar het gebruikte stuk niet overal even dik was, was geene goede afsluiting te verkrijgen, wanneer het tusschen de beide doorboorde platen gelegd werd. Het werd daarom geplaatst op de doorboorde plaat en gefixeerd door den looden ring; vervolgens werd het op den looden trechter gelegd en door den ring aangedrukt.

In het eerste geval werd verkregen:

TABEL IV (dubbele amplitudines).

	Open trechter.	Spier.	Doorlaatbaarheid in %.
gis ¹	17 ¹ / ₂	³ / ₄ —1	5
a ¹	13 ¹ / ₂	¹ / ₂	3.7
ais ¹	13 ¹ / ₂	¹ / ₄ — ¹ / ₂	2.8
			Gemiddeld 3.8

In het tweede geval:

TABEL V (dubbele amplitudines).

	Open trechter.	Spier.	Doorlaatbaarheid in %.
gis ¹	10	1	10
a ¹	7 ¹ / ₄	³ / ₄	10.3
ais ¹	6 ¹ / ₄	³ / ₄	12
			Gemiddeld 10.8

Uit de uitkomsten is waarschijnlijk te achten, dat zonder zeefplaat de spierlaag meer in haar geheel meetrilde, waardoor grotere doorgankelijkheid verkregen werd.

Voor den kleinen ring werd geen uitslag verkregen.

De weefsels onderzocht naar de methode, waarbij de telefoon in de kist geplaatst was, gaven de volgende uitkomsten:

Huid (mensch) met subcutaan vet, dikte 8 m.M., geplaatst op den cylinder van de kist, gefixeerd door den looden ring. Afstand 7 c.M.; druk 34 c.M. water.

Dubbele amplitudines.

	Open cylinder.	Huid.	Doorlaatbaarheid in %.
e^2	7	$\frac{1}{2}$	7.1

Op de doorboorde plaat, gefixeerd door looden ring. Afstand 6 c.M.; druk 34 c.M. water.

Dubbele amplitudines.

	Open cylinder.	Huid.	Doorlaatbaarheid in %.
e^2	7	$< \frac{1}{4}$	1.8

Ook hier trilt de huid begrijpelijkerwijs minder in haar geheel mee, daar ze op een groot aantal punten wordt gesteund.

De doorgankelijkheid berust dus niet uitsluitend op moleculair geleidingsvermogen van weefsel, maar ook op het in zijn geheel trillen.

Dezelfde lap huid, bevrijd van het subcutaan vet, zoodat de dikte nu bedraagt 2.5 m.M., geeft voor dezelfde methode:

1^o. Afstand 7 c.M.; druk 24 c.M. water.

Dubbele amplitudines.

	Open cylinder.	Huid.	Doorlaatbaarheid in ‰.
e ²	6	1 ¹ / ₄	20.8

2^o. Afstand 6 c.M.; druk 24 c.M. water.

Dubbele amplitudines.

	Open cylinder.	Huid.	Doorlaatbaarheid in ‰.
e ²	8	³ / ₄	9.4

Voor de andere tonen van a¹ tot en met g² werd geen uitslag verkregen.

De uitkomsten geven weer tot dezelfde opmerking als zooeven aanleiding.

Spier (rond) dikte \pm 5 m.M.

Dit werd evenals de huid ook op 2 wijzen onderzocht, eerst gelegd op den cylinder, daarna op een looden zeefplaat, in beide gevallen gefixeerd door looden ring. Afstand 6 c.M.; druk 24 c.M. water.

Dubbele amplitudines.

	Open cylinder.	Spier.	Doorlaatbaarheid in ‰.
1 ^o . e ²	9 ¹ / ₂	¹ / ₂	2.6
En 2 ^o .			
e ²	9 ¹ / ₂	¹ / ₄	1.8

Ook hier, evenals bij de huid, voor de andere tonen geen uitslag. Hier geldt weer dezelfde conclusie, al zijn de verhoudingen verschillend: als het weefsel op de zeefplaat ligt, wordt er minder geluid doorgelaten, dan wanneer het op den cylinder is geplaatst.

Longweefsel (rond) dikte ± 4 m.M.

I. Op cylinder als huid en spieren: Afstand 5 c.M.; druk 24 c.M. water.

Dubbele amplitudines.

	Open cylinder.	Long.	Doorlaatbaarheid in %.
d^2	$7\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$	5
dis^2	$6\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	3.8
e^2	4	$\frac{3}{4}$	18.8

II. Op zeefplaat:

	Open zeefplaat.	Long.	Doorlaatbaarheid in %.
e^2	3	$\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$	20.8

In dit geval vinden we voor longweefsel op de zeefplaat rustend iets grootere doorgankelijkheid dan voor vrij uitgespannen longweefsel, waaruit blijkt, dat het vrij uitgespannen longweefsel niet in zoo sterke mate in zijn geheel heeft meegetrild, misschien bij deze spanning in 't geheel niet heeft meegetrild.

Voor vrij uitgespannen longweefsel werd nagegaan, welke veranderingen in de doorlaatbaarheid verkregen werden, indien de spanning versterkt werd door het longweefsel te bezwaren.

Dubbele amplitudines.

	Open cylinder.	Long, geen be- zwareing.	1 H.G. be- zwareing.	2 H.G.	3 H.G.	4 H.G.	Afstand.	Druk.
a ¹	22	—	1/4	1/2	1/2	1/2	15 c.M.	24 c.M. water
d ²	7 1/2	1/4—1/2	1/2	1/2+	1/2+	3/4	5 c.M.	"
dis ²	6 1/2	1/4—	1/4—	1/4—	1/4—	1/4—	"	"
e ²	4	3/4	1	1 1/4	1 1/4	1	"	"
f ²	14 1/2	—	1/4—	1/4	1/2	1/2	"	"
fis ²	11	—	—	—	1/4—	1/4—	"	"

Hieruit blijkt, dat het longweefsel door toeneming in spanning, het vermogen verkrijgt om duidelijk in zijn geheel te gaan meetrillen; klaarblijkelijk voegt zich bij de moleculaire doorgankelijkheid eene massale doorgankelijkheid.

Been. Dit was geslepen tot een zeer dun plaatje 0.5 m.M. dik, met een diameter van 6.5 c.M., uit een scapula van het rund. Grootere volkomen gladde plaatjes konden we niet vervaardigen. Het beenplaatje werd geplaatst tusschen 2 looden platen van 12 c.M. diameter, die een ronde opening hadden van 4.9 c.M. diameter. Deze platen werden op den cylinder der kist geplaatst.

	Open cylinder.	Been.	Afstand.	Druk.	Doorlaatbaar- heid in %.
dis ²	13	1/4	3 1/2 c.M.	32 c.M. water	1.9
e ²	25	1/2	3 "	"	2

TABEL

betreffende den samenhang van het doorlatingsvermogen voor een bepaalden toon (e²) met het absoluut gewicht

en het soortelijk gewicht (geldend voor de doorboorde platen).

Absoluut gewicht.	P.S.	Doorlaatbaarheid in %.
Huid 25 Gr.	1.122	9.4 %
Spier 20.6 „	1.04	1.3 „
Longweefsel \pm 33.5 „	\pm 0.9	20.8 „

Door deze tabel wordt niet bevestigd de vroegere ervaring bij niet-poreuze technische materialen opgedaan, dat met toenemend absoluut gewicht het doorlatingsvermogen afneemt. Ook blijkt hier geen verband met het soortelijk gewicht.

De geluidsdoorgankelijkheid van dierlijke weefsels, afgaande op de meest zekere methode, blijkt als volgt:

Verzwakking van het geluid door de weefsels, berekend op 1 c.M. laagdikte.

Huid	39 \times	} graphische extrapolatie.
Spier	154 „	
Longweefsel	10 „	
Been	1000 „	

De verzwakking is dus het aanzienlijkst voor been, dan voor spier, vervolgens voor huid en het geringst voor longweefsel.

HOOFDSTUK VI.

Doorlatingsvermogen voor geluid van enkele vloeistoffen.

Op den cylinder van de kist werd een groote doorboorde zeefplaat gelegd, hierop kwam een caoutchoucmembraan te liggen, die door den looden ring gefixeerd werd. Op de caoutchoucmembraan werd de vloeistof gegoten. Daar de ring een inwendigen diameter heeft van 10.9 c.M., verspreidde de vloeistof zich dus over eene oppervlakte van 98.313 c.M².

Onderzocht werden water, een eiwitoplossing, een keukenzoutoplossing een transsudaat en een exsudaat. Voor water werden de tonen van a¹—g² nagegaan, voor de overige vloeistoffen slechts 3 n.l. met de grootste uitslagen, terwijl telkens door regeling van afstand en druk de uitslagen voor de caoutchoucmembraan bij elke proef even groot genomen werden, als toen voor water onderzocht werd.

Dat het eisch is, dat het caoutchoucopervlak goed horizontaal ligt, behoeft geen betoog. De looden zeefplaat werd gebruikt om te zorgen, dat het caoutchoucvlies, ondanks de zwaarte van de vloeistof, nagenoeg volkomen vlak zou blijven.

Water.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Caout- chouc.	5 c.M.	10 c.M.	15 c.M.	20 c.M.	25 c.M.	30 c.M.	35 c.M.	40 c.M.	45 c.M.	50 c.M.	Afstand	Druk.
a ¹	6	3	2	1 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	—	—	—	—	—	18 c.M.	24 c.M. water
ais ¹	1 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17 "	24 "
b ¹	2	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7 "	24 "
c ²	2 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	—	—	—	—	—	—	—	6 "	24 "
cis ²	2 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	6 "	24 "
d ²	3 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	—	—	—	—	—	—	—	6 "	24 "
dis ²	3	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	1 ¹ / ₄ —1 ¹ / ₂	—	—	—	—	—	—	—	6 "	24 "
e ²	6	3 ³ / ₄	2 ¹ / ₂	2	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1	3 ³ / ₄ —1	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	7 "	28 "
f ²	2	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5 ¹ / ₂ "	24 "
fis ²	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5 "	24 "
g ²	1 ¹ / ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5 "	24 "

Kippeneiwit, gemengd met gelijke hoeveelheid water.

P.S. = 1.018

TABEL (dubbele amplitudines).

	Caout- chouc.	5 c.M.	10 c.M.	15 c.M.	20 c.M.	25 c.M.	30 c.M.	35 c.M.	Afstand.	Druk.
a ¹	6	2	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	—	—	—	17 c.M.	26 c.M. water
d ²	$3\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	8 $\frac{1}{2}$ "	33 " "
e ²	6	3	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	1	$\frac{3}{4}$ —1	$\frac{3}{4}$	7 "	28 " "

Keukenzoutoplossing, nagenoeg verzadigd.

P.S. = 1.190

TABEL (dubbele amplitudines).

	Caout- chouc.	5 c.M.	10 c.M.	15 c.M.	20 c.M.	25 c.M.	30 c.M.	35 c.M.	Afstand.	Druk.
a ¹	6	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$	—	—	—	—	17 c.M.	26 c.M. water
d ²	$3\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{2}$	$< \frac{1}{4}$	—	—	—	—	8 "	34 " "
e ²	6	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$< \frac{1}{4}$	7 "	28 " "

Transsudaat.

P.S. = 1.015.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Caout- chouc.	5 c.M.	10 c.M.	15 c.M.	20 c.M.	25 c.M.	30 c.M.	35 c.M.	40 c.M.	45 c.M.	50 c.M.	Afstand.	Druk.
a ¹	6	2	1	1/2	1/4	—	—	—	—	—	—	12 c.M.	25 c.M. H ₂ O.
d ²	3 1/4	1	1/2	< 1/4	—	—	—	—	—	—	—	7 1/2 "	28 "
e ²	6	3	2	1 1/2	1 1/4	1	3/4	1/2—3/4	1/2	1/4—1/2	1/4	3 "	28 "

Exsudaat.

P.S. = 1.025.

TABEL (dubbele amplitudines).

	Caout- chouc.	5 c.M.	10 c.M.	15 c.M.	20 c.M.	25 c.M.	30 c.M.	35 c.M.	Afstand.	Druk.
a ¹	6	1 3/4	3/4	1/4	—	—	—	—	12 c.M.	30 c.M. H ₂ O.
d ²	3 1/4	1	1/2	< 1/4	—	—	—	—	8 "	28 "

e² kon niet gebruikt worden wegens een defect.

Uit deze cijfers laat zich het volgende opmaken: Van 2 vloeistoffen laat degene met het laagste soortelijk gewicht het meeste geluid door. Dit blijkt, als we de vloeistoffen vergelijken, die het meest in P.S. verschillen, n.l. de keukenzoutoplossing en het water.

Vergelijken we de eiwitoplossing met het water, waarvan het soortelijk gewicht onderling weinig verschilt, dan blijkt de eiwitoplossing minder geluid door te laten dan het water, wat mogelijk wel afhankelijk is van de colloïdale natuur der eiwitoplossing. Het verschil in transsudaat en exsudaat is gering, maar gaat toch in de richting der soortelijke gewichten (bij exsudaat voor a' kleinere uitlagen dan bij transsudaat).

HOOFDSTUK VII.

Doorlatingsvermogen van weefsels voor contactgeluid.

In het midden latend of het woord „contactgeluid” wel juist gekozen is, geloof ik, dat het toch zeer duidelijk aangeeft, wat er mee bedoeld wordt. In tegenstelling met de vorige proeven, waarbij de weefsels getroffen werden door luchttrillingen, staan zij hier in direct contact met de geluidsbron.

Als geluidsbron diende de electrisch gedreven stemvork A¹ van EDELMANN, met zware gewichten aan de trillende uiteinden. Aan een der beenen was bovendien een papieren Gradenigo-figuurtje bevestigd, dat in staat stelde de amplitudo der stemvorktrilling te meten en voortdurend even groot te houden door regeling der stroomsterkte. Het bleek niet gewenscht de acustisch te onderzoeken weefsels direct op den looden cylinder der telefoonkist te plaatsen, want dan geraakte, wanneer de stemvork in werking werd gezet, de geheele kist in trilling, wat ongetwijfeld ook zijn invloed op de daarin aanwezige telefoon deed gelden. Een uitweg om deze stoornis te voorkomen werd gevonden door eene nauwe luchtruimte op te nemen tusschen het geluidgeleidende lichaam en de telefoonkist. Meer dan capillair mocht deze ruimte echter niet zijn, opdat er geen noemens-

waard geluid zou ontsnappen. Boven den cylinder werd daarom een breede looden schijf opgehangen. Deze looden schijf, die een grooter diameter had dan de looden cylinder der kist, had eene centrale opening, even groot als de opening in den cylinder, en tevens een grooten, naar beneden gerichtten rand. Tevens was in de opening van de looden schijf een houten trechtervormig stuk aangebracht om er voor te zorgen, dat het geluid zooveel mogelijk de telephoon zou bereiken. In dezen houten trechter paste een stop, die als contrôlemiddel dienst deed. Om de opening van den cylinder eindelijk was nog een naar binnen geslagen randje vilt gelegd om te voorkomen, dat de houten trechter direct met den cylinder in aanraking kwam.

De voorproeven werden genomen met verschillende stoffen. Was de stop in den trechter gezet, dan gaf de snaar van den galvanometer geen uitslag, terwijl voor verscheidene stoffen een groote uitslag verkregen werd, zoodra de stop was verwijderd. Van een direct overbrengen van trillingen van de looden schijf of houten trechter op den looden cylinder, was, naar men zich herhaaldelijk kon overtuigen, geen sprake. Om den druk, waarmede de stemvork op het te onderzoeken weefsel rustte, te kunnen regelen, was de stemvork aan eene balans opgehangen. Gewerkt werd steeds met eene amplitudo van 3 m.M. (Gradenigo-figuurtje).

Onderzocht werden: been, huid en spier.

Been. Ronde schijf \pm 2.2 m.M. dikte uit scapula van rund. Deze schijf paste in den looden ring met rand, zooals o. a. werd gebruikt voor turfmos en kurksteen, en werd, evenals deze stoffen, met gele was ingesmolten.

Rustte de stemvork niet met zijn geheele gewicht op het been, dan huppelde ze over de beenplaat heen, daarom

werd hier alleen de uitslag gemeten, als ze volkomen op het been rustte. Dubbele amplitudo $1\frac{1}{4}$.

Huid en spier werden door den gewonen bezwaringsring gefixeerd.

Huid (mensch) dikte 2.5 m.M.

Als de stemvork slechts even de huid aanraakte zonder druk, dan was de dubbele snaar-amplitudo $1\frac{1}{4}$.

Bij bezwaring van de stemvork kregen we:

Bezwaring.	Dubbele amplitudo.
10 Gr.	$\frac{1}{4}$
20	$\frac{1}{4}-\frac{1}{2}$
30	$\frac{1}{2}+$
40	$\frac{3}{4}$
50	1—
60	1
70	1+
80	1+
90	$1\frac{1}{4}$
100	$1\frac{1}{2}$ —
110	$1\frac{1}{2}$
120	$1\frac{1}{2}$
130	$1\frac{1}{2}$

Bij nog verdere bezwaring tot 200 Gr. bleef steeds de uitslag $1\frac{1}{2}$.

Spier (rond) dikte 5 m.M.

Bij even aanraken zonder druk geen uitslag.

Vóór bezwaring krijgen we de volgende tabel:

Bezwareing.	Dubbele amplitud.	Bezwareing.	Dubbele amplitud.
10 Gr.	0	260 Gr.	$\frac{1}{2}$ —
50 "	0	270 "	$\frac{1}{2}$
100 "	—	280 "	$\frac{1}{2}$
150 "	—	290 "	$\frac{1}{2}$
160 "	—	300 "	$\frac{1}{2}$
170 "	$\frac{1}{4}$	350 "	$\frac{1}{2}$
180 "	$\frac{1}{4}$	400 "	$\frac{1}{2}$ +
190 "	$\frac{1}{4}$	450 "	$\frac{3}{4}$ —
200 "	$\frac{1}{4}$	500 "	$\frac{3}{4}$
210 "	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$	550 "	$\frac{3}{4}$ +
220 "	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$	600 "	$\frac{3}{4}$ +
230 "	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$	650 "	$\frac{3}{4}$ +
240 "	$\frac{1}{2}$ —	700 "	$\frac{3}{4}$ +
250 "	$\frac{1}{2}$ —	750 "	$\frac{3}{4}$ +

Uit dit onderzoek blijkt ten eerste, dat de volledigheid van aanraking tusschen geluidsbron en weefsel in elk geval gewaarborgd moet zijn tijdens den geheelen duur der acustische periode; dit bleek duidelijk bij het been. Wanneer de druk te gering was, werd de stemvork telkens teruggeworpen, waardoor de snaaramplitudo klein en uiterst onregelmatig werd.

Ten tweede vinden we, dat door toeneming van spanning, het geleidingsvermogen ook toeneemt, totdat een maximum bereikt is. In hoever hier de resonance van invloed is, valt niet te zeggen. Wilde men dit nagaan, dan ware dezelfde methode te volgen, die ik bij overbrengen van geluid uit lucht heb toegepast, n.l. het bezigen van eene reeks elkaar opvolgende tonen, van welke de eene resonance wekt en de andere in gebreke blijft dit te doen. De ongelijkheid van uitkomst voor de verschillende tonen demonstreert dan den invloed der resonance.

De stemvork van EDELMANN met hare zware loopgewichten zou dit wel veroorloofd hebben.

Besluit.

De gevolgtrekkingen uit mijne onderzoekingen te maken, zijn:

1°. Vaste, niet-poreuze stoffen, laten het geluid bij moleculaire voortgeleiding slecht door en wel verzwakken zij het destemeer, naarmate zij een hooger soortelijk gewicht bezitten. Vandaar de voortreffelijkheid van lood, zelfs in dunne lagen, als isolatiemiddel (conform BERGER).

2°. Platen of wanden dezer stoffen trillen echter ook als een geheel en geleiden mee daardoor het geluid. Het aankomend geluid wekt resonance in de gansche plaat, resp. wand, wanneer die daarvoor vatbaar is. De sterkte van zulk een resonance hangt geheel af van grootte, zwaarte en spanning van den wand. Zoowel voor muren als voor dunne platen geldt dit. Indien zij aan de randen los zijn bevestigd, zal deze opgedrongen trilling geheel vrij tot stand komen. Een stevige bevestiging geeft echter een grootere of kleinere demping en daardoor een meer of minder verstikken der resonance (conform WEISBACH).

Het kan intusschen zijn, dat dientengevolge wand of plaat een onderdeel wordt van een grooter geheel, het geheele gebouw b.v. Zulk een grooter geheel zal uitsluitend op zeer lage tonen en dreuningen kunnen resoneeren. Vandaar dat deze laatste in bouwwerken zoo moeilijk uit te sluiten zijn.

3°. Wil men eene camera silenta zoo ondoordringbaar

mogelijk voor geluid maken, dan zal het gewenscht zijn, meer dan één wandlaag te nemen. De beide lagen moeten onderling in afmeting verschillen en elkaar zoo min mogelijk raken. Dan behouden zij elk voor zich hun eigen toon en komt de resonance voor elke laag afzonderlijk tot stand. Wanneer een luchtlaag de beide muren scheidt, zal de overdracht onbetekenend zijn, want de eigen toon van den eenen muur vindt geen weerklank in den tweeden, en de doorgegane rest wordt in de tusschenruimte teruggekaatst.

Wanneer de tusschenruimte klein is, zal dit teruggekaatste geluid in deze tusschenruimte geen resonator vinden en verstikt het door den eersten muur doorgelaten geluid van zelf.

4°. Bij poreuze stoffen is de verhouding anders. Wanden, uit deze vervaardigd, trillen slechts in geringe mate als geheel. Het geluid, dat poreuze stoffen doorlaten, passeert grootendeels door de poriën. Vandaar dat geperst poreus materiaal minder doorlaat dan zeer los poreus (conform SIEVEKING en BEHM).

5°. Voor dierlijke weefsels geldt, dat ook zij het geluid niet enkel doorlaten door moleculaire geleiding, maar tevens doordat zij in hun geheel trillen.

6°. Van 2 vloeistoffen laat degene met het hoogste soortelijk gewicht het geluid het minst door.

7°. Bij contactgeluid is de druk van groote beteekenis, daar deze aan de aanraking een grooter of geringer mate van zekerheid geeft.

8°. Bij toenemende spanning van het weefsel verbetert het geleidingsvermogen voor het contactgeluid, totdat een zeker maximum bereikt is.

STELLINGEN.

STELLINGEN.

I.

Een stof, hetzij vloeistof of vaste stof, laat des te minder geluid door, naarmate haar soortelijk gewicht hooger is.

II.

Het stelsel microfoon-snaargalvanometer is slechts dan te gebruiken voor de meting van geluidsintensiteiten, wanneer men gemiddelden van een groot aantal waarnemingen neemt.

III.

Valsche divertikels van den dunnen darm zijn aangeboren afwijkingen.

IV.

Haustra en plicae semilunares coli zijn physiologische, geen morphologische begrippen.

V.

De aanwezigheid van tuberkelbacillen in het stroomende bloed, beschouwe men niet als eene dreigende algemeene miliair-tuberculose.

VI.

Het verdient aanbeveling, de koepokinenting in de eerste levensmaanden te verrichten.

VII.

Directe inwerking van licht op de iris kan pupilvernaauwing teweeg brengen.

VIII.

De pijnen bij ulcus ventriculi en ulcus duodeni hebben met de zweervorming als zoodanig niets te maken, doch berusten bij ulcus ventriculi op een onmiddellijken, bij ulcus duodeni op een vertraagden pylorospasmus.

IX.

De cachexie bij carcinoma ventriculi is voor een groot gedeelte afhankelijk van occulte bloedingen.

X.

Spijkerextensie, bij beenfractuur toegepast, heft niet de dislocatio ad latus op.

XI.

De opvatting van BOEKE, dat na doorsnijding van zenuwen, motorische vezels in sensible banen kunnen groeien, wordt door zijne proeven niet voldoende aangetoond.

XII.

De verklaring van MELTZER, voor de overgevoeligheid van kikvorschen voor verschillende vergiften na verwijdering van het hart, is niet juist.

XIII.

Akromegalie is te beschouwen als gevolg eener hypersecretie der hypophysis cerebri.

XIV.

In het algemeen is, voor behandeling van uterusmyomen, chirurgisch ingrijpen te verkiezen boven Röntgenbestraling.

XV.

Het is gewenscht, het voorbereidend onderwijs der aanstaande geneeskundigen zoo te regelen, dat allen eenig onderricht in het Latijn ontvangen.

VI

VII

VIII

IX

X

XI

f5154

