



# **Minimum aantal trillingen voor toongehoor bij verschillende intensiteit**

<https://hdl.handle.net/1874/255010>

240 192

Med 9 Juli 1908

MINIMUM AANTAL TRILLINGEN  
VOOR TOONGEHOOR BIJ VER-  
SCHILLENDE INTENSITEIT. ☐

Diss.  
Utrecht

1908

J. E. A. VAN MENS.











MINIMUM AANTAL TRILLINGEN VOOR TOON-  
GEHOOR BIJ VERSCHILLENDE INTENSITEIT.





*Diss. Utrecht 1908*

**Minimum aantal Trillingen voor Toon-  
gehoor bij verschillende Intensiteit**

**PROEFSCHRIFT**

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD

VAN

**Doctor in de Geneeskunde**

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT

NA MACHTIGING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. W. H. JULIUS

Hoogleraar in de Faculteit der Wis- en Natuurkunde

TEGEN DE BEDENKINGEN VAN

DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE

TE VERDEDIGEN

OP DONDERDAG 9 JULI 1908, DES NAMIDDAGS TE 3 UUR

DOOR

**JOHANNES FRANCISCUS ANTONIUS VAN MENS**

Arts

geboren te BREDA

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK UTRECHT



3290 0445



's-HERTOGENBOSCH

NAAML. VENN. DRUKKERIJ VOORH. HENRI BERGER

1908



*AAN MIJNE MOEDER, EN  
AAN DE NAGEDACHTENIS  
VAN MIJN VADER.*



*Bij het verschijnen van dit proefschrift, is het mij een zeer aangename taak aan u hooggeleerde ZWAARDEMAKER, Hooggeachte Promotor, in het bijzonder mijne groote erkentelykheid en welgemeenden dank uit te spreken, voor de hulp en voorlichting welke ik bij het samenstellen van dit proefschrift in zoo ruime mate van u heb mogen ondervinden.*

*Bovendien betuig ik mijnen dank aan de heeren doctoren NOYONS en DE GROOT, voor de bereidwilligheid waarmede zij mij bij het nemen van de proeven hebben geassisteerd.*



# INHOUD.

---

|   | BLADZ. |
|---|--------|
| HOOFDSTUK I.  |        |
| Litteratuur Overzicht. . . . .                                      | 1      |
| HOOFDSTUK II.   |        |
| Onderzoek met Orgelpijpen . . . . .                                 | 15     |
| HOOFDSTUK III.  |        |
| Beschrijvingen van het acustisch kamertje en van den aërodromometer | 22     |
| HOOFDSTUK IV.   |        |
| Proeven genomen met electrisch gedreven stemvorken . . . . .        | 28     |
| HOOFDSTUK V.  |        |
| Proeven genomen met den sinusinductor. . . . .                      | 33     |
| HOOFDSTUK VI.   |        |
| Proeven genomen met tongpijpen . . . . .                            | 44     |
| HOOFDSTUK VII.  |        |
| Bepalingen van den tijd, gedurende welken het geluid gehoord werd.  | 60     |
| HOOFDSTUK VIII.   |        |
| Samenvatting . . . . .  | 65     |
| HOOFDSTUK IX.   |        |
| Verkregen resultaten met Microfoon van Bladel en Edelmann .         | 68     |
| STELLINGEN.   |        |

---



## ERRATA.

Inhoud. Hoofdstuk IX *staat*: Bladel *lees*: Blake.

Blz. 14 6<sup>e</sup> regel v. o. *staat*: met behulp van een voor de waterperspomp  
*lees*: met behulp van een waterperspomp.

» » 4<sup>e</sup> » » » maakte ik lagen pijpen *lees*: maakte ik voor  
lage pijpen.

» 16 15<sup>e</sup> » v. b. » aërodrometer *lees*: aërodromometer.

» 28 5<sup>e</sup> » v. o. » te ging *lees*: toe ging.

## HOOFDSTUK I.

### Litteratuur Overzicht.

De toonshoogte wordt bepaald door het aantal trillingen per seconde.

Hoeveel trillingen zijn nu noodig tot toonsgewaarding? Neemt men aan, dat dit aantal constant is bijv. twee trillingen, dan volgt daaruit, dat de tijd noodig voor toonsgehoor van hooge tonen, veel korter moet zijn dan voor dat van lage tonen.

Een tweede vraag is: heeft de intensiteit van het geluid invloed op het minimum aantal trillingen? Zal dit bij geringere volkomen gelijk zijn aan dat bij grootere intensiteit, ofwel bestaat er eene wet, welke den samenhang bepaalt tusschen de intensiteit en het minimum benodigd aantal trillingen?

Naar de oplossing van deze vragen heb ik gepoogd en daarvoor eenige onderzoekingen gedaan.

Alvorens over te gaan tot mededeeling der door mij gedane proefnemingen en de verkregen resultaten, zal ik een kort historisch overzicht geven van de verschillende onderzoekingen, die sedert een 70-tal jaren zijn gedaan om het probleem te dezen opzichte op te lossen.

EXNER, PLÜGERS Archiv. für die gesammte Physiologie der Menschen u. der Thiere, 1876 Bd. 13, pg. 228. — EXNER nam proeven om aan te kunnen toonen, dat een aantal

trillingen noodig waren om eene toonsgewaarwording in het leven te roepen. Hij bezigde daartoe een resonator, waaraan eene caoutchouc slang was verbonden, welke van het vertrek, waarin de resonator was geplaatst, geleidde naar een andere kamer. In deze bevond zich de observator, bij wien de buis met aanzetstuk luchtdicht in de uitwendige gehoorgang was gebracht. In de nabijheid werd deze buis vervolgens afgeklemd door middel van de valmachine van ARWOOD, welke het openen en sluiten van de buis regelde. Het resultaat van die proefneming was, dat bij een toon van 128 trillingen in de seconde, het eerste spoor van toongehoor bij 17,1 à 16,9 trillingen viel waar te nemen. Hetzelfde resultaat bereikte hij bij een toon welke een octaaf dieper lag, nl. bij een toon van 64 trillingen in de seconde; ook hier waren 16,8 trillingen noodig, wilde er toongehoor kunnen worden waargenomen.

Zoowel bij een toon van 128 trillingen als bij een van 64 trillingen in de seconde, was de intensiteit dezelfde gebleven; die van 64 trillingen moest dubbel zoolang op het gehoor werken als die van 128 trillingen.

VON KRIES en AUERBACH, Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1877 pg. 297.

Zij onderscheiden, trouwens geheel overeenkomstig het gebruik sinds DONDERS en de JAAGER, de *Empfindungszeit*, dat is de tijd, noodig tot waarneming van een toon en de *Unterscheidungszeit*, dat is de tijd noodig tot herkenning van dien toon. Zij experimenteerden als volgt.

In een ijzeren schroefbout werden twee even breede en even dikke staalplaatjes naast elkander vastgeklemd; de vrije einden werden niet even lang gemaakt, zoodat

zij, in trilling gebracht, verschillende tonen gaven. Een electromagneet werd nu zóó onder deze plaatjes gebracht, dat elke pool van den magneet zich eenige millimeters onder het uiteinde van elk plaatje bevond. De afstand van den magneet tot het uiteinde van 't plaatje werd nu zoo gekozen, dat, wanneer door den electromagneet stroom ging, hij de plaatjes niet uit zich-zelf tot aan de pool kon aantrekken, deze wel daarentegen kon vasthouden, wanneer men het plaatje tegen de pool aandrukte. Werd nu eerst het plaatje aangedrukt en daarna de stroom onderbroken, dan hoorde men zijn toon. De waarnemer kon, terwijl hij voor iedere proef het eene of andere plaatje aandrukte naar willekeur of zonder het vooruit te weten, den eenen of den anderen toon door de stroomonderbreking te voorschijn brengen.

Het bleek bij hunne proeven, dat de Unterscheidungszeiten voor de verschillende tonen zeer verschillend waren. Zij meenden, dat de toonsgewaarwording niet vanaf het eerste oogenblik haar eigenaardig karakter bezit, maar dat in het eerste oogenblik de verschillende tonen niet te onderscheiden zijn: pas na een zeker aantal trillingen krijgt de toon zijn karakteristieke kleur. Het aantal van deze trillingen liet zich nu gemakkelijk berekenen, gegeven zijnde het aantal trillingen waarmede men experimenteerde, plus de Unterscheidungszeiten. Zij vonden nu 10 à 11 trillingen.

PFAUNDLER; *Über die geringste absolute Anzahl von Schallimpulsen, welche zur Hervorbringung eines Tones nöthig ist.* Sitzungsberichte der kaiserlichen Academie der Wissenschaften Bd. LXXVI 2<sup>e</sup> Abth. 9. 1877.

PFAUNDLER gebruikte voor zijne onderzoekingen eene Seebecksche sirene en bracht twee blaaspijpen aan, waarvan de eene vast zat, terwijl de andere langs dezelfde gatenrij beweeglijk was. Iedere opening gaat dus voorbij twee blaasopeningen en geeft twee geluidsimpulsen: verwijdert men de blaasopeningen van elkander, zoo vergroot men den tijdsinterval tusschen de geluidsimpulsen, en omgekeerd bij dichter bij elkander brengen.

PFAUNDLER nam nu proeven met eene sirene met 4 gaten, elk geplaatst in een quadrant van de sireneschijf. Beide blaasopeningen waren in 't begin naast elkander geplaatst. Gedurende het draaien van de sireneschijf en het aanblazen der blaasopeningen verwijderde zich de tweede blaasopening van de eerste.

Men hoorde dan twee tonen, een constanten van een trillingsgetal  $4n$ , en een, die veranderlijk was. Deze tweede toon begon  $n$ l. hoog en daalde tot het octaaf van den eersten, hier dus tot  $8n$ , zoodra de tweede blaasopening zich tot de helft van den gatenafstand verwijderd had. Draait men nu bij vaststaande blaasopening 1, de blaasopening 2 in een kring rond, zoo hoort men eene reeks van maxima en minima der toonhoogten en wel even zoovele, als er gaten in de sireneschijf zijn; hier dus 4.

Uit deze experimenten meende PFAUNDLER te kunnen concludeeren, dat als minimum 2 Schallimpulsen op het medetrillende deel van 't oor voldoende zijn om de gewaarwording van een toon te voorschijn te roepen en dat deze gewaarwording door snelle herhaling tot bewustzijn kan worden gebracht.

W. KOHLRAUSCH. Ueber Töne die durch eine begrenzte

Anzahl von Impulsen erzeugt werden. Wiedem. Annalen 10. pg. 5, 1880. Een normaal oor is in staat de tonen van twee geluidsbronnen van gegeven klankkleur, bij een zeker interval nog als verschillend te herkennen. De vraag was, hoe groot dit interval is, wanneer de eene geluidsbron een bepaald aantal trillingen produceert, terwijl de andere eenen vollen scherp gedefinieerden toon geeft en of zich dit voor een bepaald aantal trillingen gekarakteriseerd interval met de toonhoogte verandert.

Hiervoor gebruikt KOHLRAUSCH een vrij gecompliceerd instrument, nl. een slinger voorzien aan het uiteinde van tandraderen, waarvan de afstand der tanden verplaatsbaar was. De tanden slingerden langs een vastgeschroefde kaart, welke door het daar tegenslaan der tanden eenen toon produceerde. De valhoogte en de afstand der tanden waren beide te wijzigen, dus ook de toonhoogte.

Als tweede bron die den vergelijkingston leverde, diende een monochord. Uit de door KOHLRAUSCH gedane proeven, bleek, dat bij 16 impulsen het karakteristieke van een toon, nl. de toonhoogte, niet meer toenam.

Door GÖTZ MARTIUS, in zijne bijdrage „Ueber die Reactionszeit und Receptionsdauer der Klänge”, voorkomende in „Die philosophische Studien” Bd VI, pag. 394, zijn de onderzoekingen van VON KRIES en AUERBACH aan eene critiek onderworpen. MARTIUS komt dan tot deze conclusie, dat de perceptietijd bij toenemende toonhoogte, steeds afneemt. Volgens hem is die tijd zeer variabel en kan niet als constant worden aangemerkt.

Ten slotte meent MARTIUS, dat de getallen door VON KRIES en AUERBACH aangenomen, te hoog zijn.

MAX MEYER, Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnenorgane. Band XI.

MEYER nam één houten sirene-schijf met 88 gaten in een cirkelomtrek, die hij, op een gering getal na, met stukjes kurk dichtstopte. Voor den toon van 176 trillingen, had hij 5 open gaten, voor eenen toon van 352 trillingen slechts 3, voor een toon van 704 slechts 2 open gaten noodig.

E. F. HERROUN and GERALD F. YEO, Note on the audibility of single sound waves and the number of vibrations, necessary to produce a Tone. Nov. 26 1891. Proceedings royal society vol: L. pg. 318. Deze onderzoekers gebruikten eene sireneschijf, waarin de gaten naar willekeur geopend en gesloten konden worden. De sirene werd met de hand gedraaid. De maximaal regelmatig te bereiken snelheid bedroeg vijf en twintig omdraaiingen in de seconde.

Zij begonnen met een aantal gaten open te laten en wel zooveel, dat de omdraaiingssnelheid gedurende welke deze gaten aangeblazen werden,  $\frac{1}{100}$  sec. bedroeg. De sirene gaf nu een toon, even zuiver en even veelgelijkend op den toon, die ontstond, wanneer alle gaten open gebleven waren. Zij verminderden het aantal open gaten langzamerhand en vonden, dat, wanneer slechts 2 gaten open bleven, de toon zuiver was waar te nemen, en dat een toon zelfs hooger dan  $c'''$  nl. een toon v. 1056 tril. volmaakt zuiver kon gehoord worden. Zij toonden aan, dat eene serie van twee luchtstooten, die  $\frac{1}{1056}$  sec. elk duurde, of minder dan  $\frac{1}{500}$  sec. voor beiden, in staat was de uiteinden van de gehoorzenuw zoodanig te prikkelen, dat de toon  $c'''$  duidelijk te herkennen was. De onderzoekers zelf critiseeren hunne experimenten door het

volgende gezegde. „No doubt adventitious secondary oscillations followed the single puffs for a short period and probably gave them character, as well as making them more distinctly audible.”

CHARLES GROSS and MAGARET E. MALTBY. On the least number of vibrations, necessary to determine Pitch. Proceedings of the academy of arts and sciences, vol XIX (1901—02) pg. 222.

Bij de door hen gevolgde methode, gebruikten zij twee telephonen, door draden verbonden, benevens een rond-draaiend wiel, dat met de draden als volgt contact had.

Het wiel was van vulcaniet; over den rand van dat wiel liep een smal streepje metaal, slechts over een klein gedeelte van zijn omtrek. Tegen den rand van het wiel drukte eene veer met platina punt. Wanneer nu het wiel met eene gelijkmatige snelheid rondgedraaid wordt, dan is het duidelijk, dat bij elke omwenteling de keten tusschen de telephonen voor een korten tijd gesloten is. Deze tijd kan berekend worden uit de omwentelings-snelheid van het wiel en de lengte van den metalen sector. Door nu een trillende stemvork voor den eenen telephoon te plaatsen, kan het geluid in den anderen telephoon alleen dan gehoord worden, wanneer er contact was. Bij rond-draaien van het wiel, werd dus telkens gedurende een korten tijd de stroom gesloten en diengevolge geluid in den tweeden telephoon waargenomen.

Zij hadden bezwaren van bijgeruischen; vooral een eigenaardig flappend geruisch bij 't onderbreken van den stroomketen, is hun opgevallen. Om deze bezwaren zooveel mogelijk te elimineeren gebruikten ze een metalen



wiel, met een enkel segment van vulcaniet. De eerste telefoon, „die een weerstand had van 115 Ohms,” werd dermate in contact gebracht met het metalen wiel, dat gedurende het grootste gedeelte van den tijd de telefoon was uitgeschakeld en er geen stroom doorging, daar het wiel zeer weinig weerstand had. Maar, wanneer de veer op het segment van vulcaniet drukte, was de stroom verbroken; het gevolg hiervan was nu, dat een stroom door den telefoon ging en geluid geproduceerd werd. Om den weerstand van de kortsluiting, die in het wiel ontstond, tot een minimum te reduceeren, werd de stroom genoodzaakt op de volgende manier het wiel te bereiken. Eene schijf van plat koper was verbonden aan de as, die het metalen wiel droeg. De rand van de koperen schijf werd geamalgeerd en zijn lager gedeelte gedompeld in een kwikbakje; dit gaf dus een goed contact.

Met deze verandering werkte het apparaat voldoende nauwkeurig: geen spoor van geluid was te hooren, dan wanneer de veer op het segment van vulcaniet drukte. Twee personen deden de proeven; de eene persoon liet twee stemvorken, een van 256 en een van 512 trillingen, in verschillende volgorde na elkander trillen, de tweede beluisterde deze en noteerde de volgorde. Het bleek nu uit hunne verkregen resultaten, dat zij duidelijk verschil konden waarnemen bij zeer korte tijden en wel bij de lage stemvork, in een tijd waarin 0,88 trillingen gehoord werden, bij de hooge stemvork in een tijd waarin 1,76 trillingen gehoord werden.

SIGM. EXNER und JOS. POLLAK. Beitrag zur Resonanztheorie der Tonempfindungen: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, Band. 32, pag. 305 1903.

Zij experimenteerden met eene electrisch gedreven stemvork, die gelijkmatig snel rondgedraaid werd. Deze stemvork had een toonhoogte van 240 trillingen: om de stemvork electrisch te prikkelen en gedurende de rotatie in gelijkmatige trilling te houden, zijn aan beide kanten der beenen, twee electromagneten aangebracht, die tevens aan de as van den stemvork bevestigd waren. Wanneer nu de stemvork door een slag in trilling gebracht werd en de stroom tegelijkertijd door de stemvork ging, onderhielden de magneten met den electrischen stroom de trilling van de stemvork. Het ronddraaien van de stemvork geschiedde door een electrisch motortje. Dit geheele apparaat was in een raam gespannen en tusschen de posten van een deur opgesteld en daardoor het medeklinken van vaste lichamen tot een minimum gereduceerd. Om den toon van de draaiende trillende stemvork waar te nemen, werd het einde van eene lange gummibuis op een statief op 3 cM. afstand geplaatst, loodrecht op de lengteas van de stemvork. In het andere einde van de buis werd eene biaurale gehoorbuis ingeschakeld. De waarnemer bevond zich in eene andere kamer, waarin de trillende stemvork met onbewapend oor niet meer gehoord werd.

De proeven werden nu als volgt genomen.

Eerst werd de toon van de stemvork zonder te draaien waargenomen, dan werd de motor in beweging gezet en de draaiingssnelheid vergroot. De waarnemer nam eerst langzaam elkaar volgende onderbrekingen van den toon waar, wier aantal langzamerhand steeg, zoodat de indruk van zwevingen ontstond, die eerst nog het karakter van den toon lieten herkennen, later echter dit verloren, en in

een brommend geruisch overgingen. Nu moet de persoon, die waarneemt op het oogenblik, waarin het toonkarakter verdwijnt, een signaal geven. De assisteerende persoon telt dan te gelijkertijd het getal omwentelingen van de stemvork. Het getal omdraaiingen, waarbij een toon van 240 trillingen verdween, was 6 per seconde. De buisopening was 3cm. van de stemvork geplaatst. Voor een toon van 192 trillingen was de grens reeds bij 4 omwentelingen, voor een toon van 160 trillingen, bij 3.5 omwentelingen in de seconde.

Wil men uit de proeven berekenen, hoeveel trillingen regelrecht op ons oor moeten werken om den toon nog even te laten herkennen, handelt men als volgt.

Bij de roteerende stemvork is dit aantal gegeven uit de grenswaarde der omwentelingssnelheden, waarbij men den toon even nog, of even niet meer hoort. Deze grenswaarde is voor de onbelaste stemvork, die 240 trillingen per seconde maakt, zooals boven gezegd, op 6 omwentelingen per seconde te stellen.

Daar bij ééne omwenteling van de stemvork de phase viermaal veranderd wordt, zoo liggen natuurlijk 10 toongolven tusschen twee phaseverschuivingen. Deze zijn voldoende om de toonhoogte te laten herkennen. Voor een toon van 192 trill. zijn 4 à 5 omwentelingen, dus 10.8 golflengten voldoende, voor een toon van 160 trill. zijn 3.4 omwentelingen, dus 11,8 trill. voldoende.

Op de volgende manier hebben de beide onderzoekers ook geëxperimenteerd. Als toonbronnen diende eene electrisch gedreven stemvork en orgelpijpen von KÖNIG. Tegenover de geluidsbron, werd een telefoon geplaatst; stemvork en telefoon waren stevig gefixeerd. De tele-

phoonleiding voerde naar een draaienden commutator, zooals die bij de Stöhrersche machines gebruikt wordt, en van dezen naar eenen tweede telephoon. De commutator werd door een electromotor in draaiing gebracht, welke rotatie door middel van twee kegels, waartusschen een verschuifbare transmissieriem aangebracht was, sneller of langzamer kon draaien. De tweede telephoon bevond zich in eene verwijderde kamer, waarin men van den toon van de stemvork niets vernam, dan wanneer men den telephoon aan het oor bracht.

Deze proeven met den telephoon hebben het groote voordcel boven de proeven met de roteerende stemvork, dat men door rotatie van den commutator de toons-gewaarwording werkelijk totaal kan doen verdwijnen, zoodat een droog, toonvrij geruisch overblijft. Verder kan men iedere continu werkende toonbron gebruiken.

Het resultaat dezer proefreeksen was hetzelfde als bij de rotatie der stemvorken.

ABRAHAM und BRÜHL, Wahrnehmung kürzester Töne und Geräusche. Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. bd. 18, pg. 177.

Deze onderzoekers volgden hetzelfde systeem als MEYER. Ze namen in plaats van een houten, een aluminium sireneschijf, waarin zich op 3 cM. van den rand een periphere kring bevond van 20 ronde gaten, elk van 2 mM. middellijn, zoodat over de geheele peripherie van dien cirkel ruimte was voor 500 gaten.

Concentrisch aan bovengenoemde rij van 500 gaten, liep een tweede, 12<sup>5</sup> cM. centraalwaarts, waarin 300 ronde gaten, eveneens van 2 mM. diameter. Zij bliezen de sirene

aan door eene glazen buis van 1 cM. middellijn, welke breedte aan het uiteinde der buis, snel afnemende, gereduceerd werd tot 2 mM.

Aan die glazen buis was eene guttapercha-slang verbonden. Daar evenals bij de door MEYER genomen proeven, de glazen buis, ten opzichte van de sirene beweegbaar was, konden zij zoowel naar de eerstgenoemde, als naar de laatstgenoemde gatenrij, lucht blazen. Een van beide onderzoekers blies en bepaalde den toon, de andere registreerde de toonhoogte. Door nu in de meest periphere rij het aantal gaten af te sluiten, ontstond ook een zeker aantal kort durende tonen, terwijl door de sirene sneller te doen draaien, een toeneming van toonhoogte kon worden teweeggebracht. Uit de door ABRAHAM en BRÜHL genomen proeven, werd door hen het volgende geconcludeerd.

Twee trillingen zijn voldoende om toongehoor duidelijk waar te nemen en wel van af de contra- tot in het midden van de viergestreepte octaaf. Daarentegen bleek, dat van het midden der viergestreepte octaaf af, het benodigde minimum aantal trillingen voor toongehoor steeds steeg.

RUDOLF BODE. Die Zeitschwellen für Stimmgabeltöne mitlerer und leiser Intensiteit. Wundt, Psychol. Studiën. Band II, 1907 pg. 1.

RUDOLF BODE maakte bij zijne proeven gebruik van electrisch gedreven stemvorken, welke als geluidsbronnen werden aangewend. Die stemvorken waren opgesteld in houten, gepolsterde kisten (absolute isolatie kon hij echter ook hierdoor niet verkrijgen; vooral 't geluid van lage tonen, drong naar buiten). Het geluid werd nu uit die gepolsterde kist langs looden buizen, geleid naar een

tachistophone (een door KRUGER en WIRTH geconstrueerd instrument) waarbij, door een slinger van een zekere hoogte te laten vallen, twee stroomketenen, welke geopend waren, na elkander konden worden gesloten. In het tijdsverloop, gelegen tusschen het openen en sluiten dier stroomketens, kon het geluid door een spleetvormige opening, beluisterd worden. Volgens BODE kunnen nu de tijdsminima berekend en gevarieerd worden, ook wat de intensiteit van het geluid betreft, op de volgende wijze. Uit de geleidingsbuis werd een driehoekig stuk uitgenomen en daarover werd aangebracht een metalen verschuifbare manchet.

Daarmede kon de opening, waardoor het geluid moest komen, wijder of nauwer gemaakt worden. Bij een geheel openstaan van die driehoekige opening, viel geen geluid waar te nemen. Eene langzame vergrooting van het interval tusschen het openen en sluiten van de stroomketens, aanvangend bij een interval = 0, maakte, dat de toon duidelijk hoorbaar was. Met verschillende toonhoogten en verschillende intensiteiten werd geëxperimenteerd. De resultaten van zijne proefnemingen, waren deze:

1<sup>e</sup>. de zachte tonen hebben bij gelijke toonhoogte, langere hoortijden en een grooter aantal trillingen noodig dan de middelsterke tonen;

2<sup>e</sup>. de hoge tonen hebben bij gelijke subjectieve intensiteit kleinere hoortijden, doch een grooter aantal trillingen noodig dan diepe tonen;

3<sup>o</sup>. bij gelijke subjectieve intensiteit en bij stijgende toonhoogte, volgt de toeneming der minimale trillingsgetallen bij de diepe tonen, sneller dan bij de tonen van middelmatige intensiteit.

## HOOFDSTUK II.

### Onderzoek met Orgelpijpen.

Als geluidsbronnen werden bij de door mij gehouden proeven, in de eerste plaats, orgelpijpen gebruikt. De orgelpijpen waren van hout, wijd, gedekt en van de volgende afmetingen:

| Toonsoogte.    | Trillingsgetal. | Lengte. | Diepte. | Breedte. | Houtdikte. |
|----------------|-----------------|---------|---------|----------|------------|
| C.             | 64              | 110     | 10,5    | 8,5      | 0,9        |
| G.             | 96              | 70      | 8,3     | 6,7      | 0,7        |
| c.             | 128             | 51      | 7,3     | 5,8      | 0,7        |
| g.             | 192             | 32,2    | 5,8     | 4,7      | 0,7        |
| c <sup>1</sup> | 256             | 23,2    | 4,8     | 4        | 0,6        |
| g <sup>1</sup> | 314             | 15,2    | 3,9     | 3,4      | 0,6        |
| c <sub>2</sub> | 512             | 9,5     | 3,7     | 2,9      | 0,6        |

De orgelpijpen werden aangeblazen door eene gemeten hoeveelheid lucht, onder een bepaalden druk; door wijziging dezer voorwaarden, kon de intensiteit van het geluid gemakkelijk gevarieerd worden. Het geluid werd door een looden buis geleid naar het geluidsvrije kamertje en daar beluisterd. De aanblazing had plaats met behulp van een voor de watersperspomp. Daar deze perspomp niet voldoende lucht kon aanvoeren voor de lagere tonen, maakte ik lagen pijpen gebruik van een koolzuurreservoir, hetwelk geplaatst was op een zolder naast het geluidsvrije kamertje. De geleiding welke van het koolzuurreservoir afvoerde, werd in de onmiddellijke nabij-

heid hiervan bewerkstelligd door eene capillaire glazen buis en op eenigen afstand verder, door eene glazen flesch, waaraan zich de verdere buisgeleiding aansloot. Dit had ten doel om den druk, komende uit het koolzuurreservoir, met reguleur van 0 tot 3 atmosferen, zoo gelijk mogelijk te maken.

Langs den hierboven omschreven weg, bereikte het koolzuur het geluidsvrije kamertje. Daarin waren twee instrumenten opgesteld, n.l. één ter meting van den druk en één ter meting van de hoeveelheid koolzuur, welke per tijds-eenheid doorstroomde. Door het voorafgaande gedeelte der leiding was de te groote afkoeling dezer apparaten (wegens de expansie van het vlocibare koolzuur) van zelf voorkomen.

De druk werd gemeten door een water-manometer, welks gevoeligheid werd verhoogd, door dezen onder eene zekere helling te plaatsen (n.l. onder een hoek van  $28^{\circ}$ ). De hoeveelheid doorstroomend koolzuur werd gemeten, door aërodrometers van verschillende gevoeligheid. Ik bezigde er een voor groote hoeveelheid en een voor kleine hoeveelheid passeerend gas (lage en hooge tonen). Nadat de koolzuur, zoowel langs den manometer, als door den aërodromometer heengegaan was, werd ze door caoutchouc slangen uit het kamertje geleid naar een verwijderd vertrek, waar de orgelpijp was opgesteld.

Daar nu de toon van de aangeblazen orgelpijp, bij eenigszins sterk geluid nog doordrong in het geluidsvrije kamertje, werd, om dit te voorkomen, de orgelpijp overgebracht naar de benedenverdieping van het laboratorium, vanwaar een looden buisleiding naar boven voerde.



Toen drong het geluid niet meer door, dan langs deze naar verkiezing te openen of te sluiten geleiding.

De orgelpijp was op een trommel geplaatst. In den bodem van de trommel trad de koolzuur binnen, om door eene opening in het bovenste vlak van de trommel, de daarin geplante orgelpijp te bereiken. Om de orgelpijp was eene tent geplaatst van dik tapijt. Voor de spleetvormige opening van de pijp, rustte met de opening daarheen gekeerd, op een statief, eene breede guttapercha slang, welke aan eene met kurk omgeven looden buis was gehecht, welke laatste door eene opening van looden rand voorzien, naar het geluidsvrije kamertje voerde. Deze opening communiceerde met eene buis, waaraan een gehoorslangetje verbonden was. Wanneer dus het koolzuur stroomt door aërodrometer en langs manometer, blaast het de orgelpijp aan en wordt het geluid van de pijp overgebracht in het geluidsvrije kamertje. Door nu in de hoorbuis een kraan te plaatsen, welke naar verkiezing, in af te meten tijden, geopend en gesloten kan worden, kon men de kortste tijden opzoeken, waarin het geluid, als toon, nog herkend wordt. Om dit te kunnen verrichten, gebruikten wij het volgende middel om den tijd, gedurende welke de kraan open was, te kunnen bepalen.

De kraan had eene opening van 4 m.M. middellijn. Aan die kraan was een metalen staafje aangebracht, hetwelk door een slinger heen en weer werd bewogen en zodoende de kraan kon openen en sluiten. Hoe sneller nu de slinger zich bewoog, des te sneller na elkaar geschiedde dan ook het openen en sluiten. De slinger bewoog zich langs eene in graden verdeelde schaal, terwijl de

aan den slinger te geven snelheid, werd geregeld door een looden gewicht, dat langs den slinger verschuifbaar was.

De waarnemer plaatst zich nu in het acustisch kamertje en heeft voor zich op een tafel, drie toestellen n.l.:

1<sup>e</sup>. een aërodromometer, welke hem het volume van de lucht, die passeert, aangeeft;

2<sup>e</sup>. een water-manometer, welke den druk van de voorbijstroomende lucht aanwijst;

3<sup>e</sup>. den zooeven beschreven slinger.

Volgens RAYLEIGH, wordt aan een orgelpijp energie toegevoerd, naar de formule

$$e = m \times d \times 981.$$

e stelt de energie in erg voor, m. de hoeveelheid toegevoerd koolzuur in cub. cM., d. de drukking in cM. H<sub>2</sub>O. terwijl het getal 981, de versnelling der zwaartekracht aangeeft. Een klein, maar vermoedelijk constant gedeelte van deze energie, wordt in geluid omgezet.

Bij de proeven, genomen met hierboven sub 1, 2 en 3 genoemde instrumenten, stuitte wij op de navolgende bezwaren:

1<sup>e</sup>. gemis aan een gelijkmatigen gastoevoer.

Vrij goed werd door het koolzuurreservoir, reguleur, en inlasschen van glazen flesch, een regelmatige luchtstroom verkregen; toch varieerde soms de aërodromometer in zijn uitslagen, van 10 tot 30 deelstreepjes. Tot experimenteeren werd steeds het oogenblik uitgekozen, waarbij het plaatje zoo rustig mogelijk was. De aërodromometer was te voren geijkt. Naar alle waarschijnlijkheid, hangen de schommelingen met verdichtingen of verijlingen van het koolzuur in de buizen samen, die door de zeer wis-

selende temperatuurverlaging van het buizenstelsel worden teweeggebracht.

2°. Het openen en sluiten der kraan. Het slaan van den slinger tegen het staafje, hetwelk aan de kraan was verbonden, gaf een geluid, dat bij de waarneming hinderlijk was. Ten einde dit euvel te voorkomen, werd om het bovineinde van den slinger, een caoutschouc laagje geschoven. Bovendien geschiedde het openen van de kraan niet in eens, maar aanzwellend, van zeer klein tot maximaal om dan weer tot 0 terug te gaan. Het geluid kon dus maar in een gedeelte van den tijd zijn groote intensiteit bezitten. Verder veroorzaakte het stroomen van de toegevoerde koolzuur, tegen den scherpen kant van de kraan, bijgeruischen; ook was de snelheid van den slinger, niet genoeg te varieeren, daar de aan dezen aangebrachte schaal niet hooger ging dan tot 80°. Resumeerend mag dus aangenomen worden, dat aan den eisch van een goed te reguleeren energie, bij de in deze proefreeks gedane proeven, vrijwel is voldaan, maar dat aan de tijdsopname nog vrij wat fouten kleven.

Door de energie te wisselen, wisselde men ook de intensiteit van het geluid, en dit bereikte men, door de koolzuur toevoerende caoutchouc buis min of meer dicht te klemmen. Door den slinger van eene grootere hoogte te laten vallen, neemt de duur van het geopend zijn van de kraan af.

De waarnemer plaatst zich in het acustische kamertje, regelt met de klem op de caoutchouc buis den druk en de hoeveelheid doorstroomende koolzuur, zóó, dat hij den toon nog zuiver hoort. Vervolgens plaatst hij de hoorbuis

in zijn oor en zoekt, door den slinger van verschillende hoogten te laten vallen (de hoogste plaats) den kortsten tijd van geopend zijn van den kraan op, met dien verstande, dat hij dan daarbij nog duidelijk den toon hoort.

Bij de proeven bleek nu, dat bij variatie van aanblazingsdruk en aanblazingshoeveelheid, de boventonen van de orgelpijp, nu en dan, sterk gaan domineeren; alleen bij zuiveren toon werd geexperimenteerd.

Uit het bekende aantal trillingen van de geluidsbron, uit den bekenden tijd, gedurende welken de kraan openbleef, was dus het aantal trillingen te berekenen.

De waarnemingen werden driemaal herhaald en daarvan het gemiddelde als resultaat genomen.

De vraag is nu „hoeveel tijd is de kraan open bij de verschillende valhoogten van den slinger.”

Om deze korte tijden te berekenen, gebruikten wij de volgende toestellen.

Men ging den afstand van den slinger langs den graadboog na, waarbij de kraan nog geopend bleef. Deze afstand bedroeg  $25^{\circ}$  terweerszijden van het nulpunt op de verdeelde schaal. Nu werd op  $25^{\circ}$  ter weerszijde van dit nulpunt een draad zoodanig geplaatst, dat de slinger achtereenvolgens bij slingering den eenen na den anderen draad aanraakte. Deze beide draden waren verbonden met de eene pool van een galvanisch element; de andere pool stond in verbinding met den slinger. Wanneer nu de slinger den draad aanraakte, was er contact. Vervolgens werd een electricisch signaal ingeschakeld. Dit signaal gaf een uitslag, zoodra er contact was, en deze uitslag werd opgeschreven op eene beroete trommel van het kymographion.

dat gelijkmatig rondgedraaid werd. Tegelijkertijd teekende een chronoscoop, van bekend aantal trillingen, den tijd op. De tijd, die verliep tusschen de beide contacten, die achtereenvolgens door den slinger ontstonden, kon afgelezen en door den chronoscoop, berekend worden.

De tijden waren de volgende:

Tijd, dien de slinger noodig heeft, ter doorlooping van den afstand van  $25^\circ$  ter weerszijde van het nulpunt bij verschillende valhoogte.

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Valhoogte $80^\circ$ | $\frac{10}{100}$ sec. |
| „ $70^\circ$         | $\frac{11}{100}$ sec. |
| „ $65^\circ$         | $\frac{12}{100}$ sec. |
| „ $60^\circ$         | $\frac{12}{100}$ sec. |
| „ $45^\circ$         | $\frac{17}{100}$ sec. |
| „ $35^\circ$         | $\frac{21}{100}$ sec. |

Bij de waarnemingen voor afstanden van slechts 4 à  $6^\circ$  was deze opstelling niet geschikt, daar het signaal nog niet tot rust was gekomen, voordat het tweede contact bereikt was.

| Toonhoogte.    | Trillingsgetal. | Stand van den<br>aërodromometer, waarbij<br>toon zoo zwak mogelijk<br>nog zuiver werd<br>waargenomen. | Manometerstand<br>hiermede<br>correspondeerend. | Valhoogte van<br>den slinger,<br>waarbij de toon<br>nog even als<br>toon waargeno-<br>men wordt. | Het aantal<br>gehoorde<br>trillingen. |
|----------------|-----------------|---|---|--|---------------------------------------|
| C              | 64              | 468 cM <sup>3</sup>   | 60 mM.  | 35 <sup>0</sup>  | 13.4                                  |
| G              | 96              | 320 cM <sup>3</sup>   | 32 mM.  | 35   | 19.6                                  |
| c              | 128             | 166 cM <sup>3</sup>   | 24 mM.  | ?  | ?                                     |
| g              | 192             | 124 cM <sup>3</sup>   | 6 mM.   | 45 <sup>0</sup>  | 32.64                                 |
| c <sub>1</sub> | 256             | 70 cM <sup>3</sup> ?  | 4 mM.   | 65 à 60 <sup>0</sup>   | 30.72                                 |

Er wordt een gevoeliger aërodromometer gebruikt.

|                |     |                     |             |                 |       |
|----------------|-----|---------------------|-------------|-----------------|-------|
| g <sub>1</sub> | 384 | 121 cM <sup>3</sup> | 4 mM.       | 53 <sup>0</sup> | 42.24 |
| c <sub>2</sub> | 512 | 121 cM <sup>3</sup> | 7 à 8 mM.   | 70 <sup>0</sup> | 51.24 |
| g <sub>2</sub> | 768 | 110 cM <sup>3</sup> | 13 à 14 mM. | 80 <sup>0</sup> |       |

Bij deze proeven ging men uit van de valhoogte = 80<sup>0</sup> en zocht den hiermede correspondeerenden aërodromometer- en watermanometer-stand op.

|                | st. van aërodromometer in mM.         | Manometerstand. |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|
| C              | 42 mM.                                | 60 mM.          |
| G              | 20 mM.                                | 40 mM.          |
| c              | 7 à 10 mM.                            | 30 mM.          |
| g              | 4 à 5 mM.                             | 10 mM.          |
| c <sub>1</sub> | 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> à 2 mM. | 8 mM.           |

Er werd een gevoeliger aërodromometer ingelast.

|                |        |        |
|----------------|--------|--------|
| g <sub>1</sub> | 30 mM. | 10 mM. |
| c <sub>2</sub> | 27 mM. | 12 mM. |

De manometerstand is niet afgelezen in verticalen stand, maar onder een hoek van 28<sup>0</sup>.

### HOOFDSTUK III.

#### **Beschrijving van het acustische kamertje en van den aërodromometer.**

De hierboven vermelde proeven zijn genomen in het acustisch kamertje, door prof. ZWAARDEMAKER beschreven in het Zeitschrift für Ohrenheilkunde, 54<sup>e</sup> Band. Drittes und viertes Heft, pg. 248, en in het kort aangehaald in het Ned. tijdschrift v. Gen. 1905 D. 1, pg. 571.

Gedurende den tijd, dat ik op dit kamertje experimenteerde, zijn aanzienlijke verbeteringen aangebracht en wel in die mate, dat wanneer men in het kamertje, in eene tent met molton en pluche omgeven, plaats neemt, men hoegenaamd niets meer waarneemt van den electrischen tram, die vlak achter het laboratorium voorbij rijdt. Absoluut geluidvrij voor geluiden van groote intensiteit, in de onmiddellijke nabijheid, is het nog niet, doch de verbeteringen, die in den allerlaatsten tijd aangebracht zijn, hebben ook vrijwel dit doel bereikt.

In het kamertje is het bij afsluiting van de dubbele deur, volkomen stil en geen spoor van resonance is te bemerken.

Het kamertje bevindt zich op de bovenste verdieping van het physiologische laboratorium. Het is omgeven door kleine vertrekken, die betrekkelijk zelden gebruikt worden (photographie-atelier, donkere kamer voor pho-

tographie, magazijn ter opberging van glaswerk); van den buitenwand van het gebouw is het kamertje gescheiden door een klein daarvoor opzettelijk gebouwd bijvertrekje. Daar het kamertje door zijn steenen en looden wanden uiterst zwaar was, werd het in zijn geheel door ijzeren staven aan het dak van het gebouw bevestigd, zoodat de vloer van den laboratorium-zolder, zooveel mogelijk van de zwaarte van het kamertje, ontlast werd. Het rust dus gedeeltelijk op den zolderbodem, gedeeltelijk hangt het aan het dak. De afmetingen van de ruimte, gemeten van den binnenkant zijn: de hoogte 2,28 M., de lengte 2,28 M., de breedte 2,20 M. De deur bevindt zich in de lengte van 't kamertje, 't meest van den buitenwand van het laboratorium af; hier tegenover is een klein vierhoekig venster, van 38 op 47 cM. Dit venster, dat ik het inwendige noem, kan meermalen gesloten worden en wel 1° door een, de posten van dit venster overschrijdend, luik; 2° door een in hout gevat, juist afsluitend, vensterglas; 3° door een luik, dat met trichopiëse gepolsterd is. Verder kan het venster nog door een gepolsterd trichopiëse-luik, van uit het buitenste cabinetje, afgesloten worden. Tegenover dit venster, bevindt zich in den uitwendigen muur van het laboratorium een patrijspoot, die het mogelijk maakt het dakvenster te openen. (ter ventilatie). Deze patrijspoot is gevat in lood. Het kamertje wordt gesloten door een dubbele deur. De buitenste deur bevat trichopiëse aan haar binnenkant. Deze deur sluit in het kozijn van de binnenste deur. Dit kozijn is van lood met breed uitstekende wanden, zoodat de geheele buitenste deur, als het ware zich in de looden wanden ingenesteld heeft. Onder de deur is een looden drempel.



De wanden van het kamertje bestaan uit zes lagen.

1. Het meest naar binnen Trichopiëse. Prof. ZWAARDE-MAKER koos de animale trichopiëse; ze is wat duurder dan de vegetale, maar levert minder brandgevaar op.

2. Een poreuze steenlaag, waarvan de spleten met kalk dicht gemaakt waren. De trichopiëse zit met een ijzeren mazennet vast aan de poreuze steenlaag. De bodem is anders gebouwd; eerst eene 3 millimeter dikke loodlaag; deze ligt op den bodem van den laboratoriumzolder. Hierboven trichopiëse en ten slotte een dik tapijt.

3. Een luchtlaag van 2 à 3 cM. dikte. De bedoeling was, het geheel tot eene dubbele doos te maken. De tusschenruimte mag echter niet te groot zijn, daar er anders resonance optreedt.

4. Een houten wand van  $2\frac{1}{2}$  cM. Hij dient hoofdzakelijk, ter bevestiging der verdere uitwendige lagen.

5. Een mengsel gevormd uit zand en kurksteen, werd losjes tusschen den houten wand en den meest naar buiten gelegen vasten wand gestrooid. Deze laag was ongeveer 4 cM. dik.

6. Ten laatste een laag kurksteen, van 6 cM. dikte. Men gebruikte platen-formaat; de spleten werden met cement en gips opgevuld, en het geheel nogmaals overgipst.

Het dak was als volgt gemaakt van binnen naar buiten: eerst een licht houten netwerk, dat van onderen met trichopiëse bekleed is. Hierboven een laagje lood van 3 mM.; dan volgt een luchtlaag, dan een houten dak, astphaltpapier, vervolgens zee gras en ten laatste eene kurksteen laag.

Daar men dikwijls met geluidsbronnen, die buiten het

kamertje opgesteld zijn, moest werken, heeft men openingen aangebracht, zonder dat er spleten ontstonden, waardoor het geluid kon doordringen. De volgende methode werd aangewend.

Aan den breedsten wand, middenin, bevindt zich een rond gat, door een koperen buis omgeven. De koperen buis, wordt door eene vastgemetselde marmeren plaat, onbeweeglijk vastgehouden. Tegenover deze opening, bevindt zich in den buitenwand van de kamer eene open ruimte, afgesloten door eene dikke looden plaat. In de looden plaat is eene opening, die juist tegenover het gat der zooeven beschrevene koperen buis ligt; de randen van deze afgesnedene buis, raken echter niet de randen van de opening in de looden plaat. In het zoo gevormde kanaal kan een massieve looden stop, met een dun koper laagje voorzien, geschoven worden, die zoowel den binnen als buitenwand afsluit. Eene afsluitplaat, drukt door middel van eene vilten laag, stevig op de groote looden platen van den buitenwand.

Er zijn meer stoppen voorhanden, van verschillende doorboringen. Zoowel in den westelijken als oostelijken zijwand van het kamertje, zijn dergelijke openingen met looden stoppen aangebracht.

Verder zijn er in het kamertje op eene marmeren plaat stoppen voor electricch licht, electriche drijfkracht, electriche signalen en telephoon aangebracht. Ook nog eene looden buis, die verloopt van het kamertje naar het nevenvertrekje onder het venster.

In de door mij gedane proeven is ook gebruik gemaakt van een aërodromometer. Deze is beschreven door Prof. ZWAAR-

DEMAKER in het Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1908 pag. 17. In 't kort wensch ik die omschrijving weer te geven.

De aërodromometer bestaat uit een verticaal geplaatste glazen buis, van ongeveer 25 cM. lengte en eene breedte, in de verschillende modellen wisselend tusschen 1 en 2 cM. In het midden van de buis, is eene dunne aluminiumschijf, tusschen twee spiraalveeren opgehangen. De spiraalveeren zijn in de as van de buis geplaatst en boven en onder aan haken vastgemaakt. Deze haken bevinden zich in het middelpunt van een verschuifbaar plaatje. In dit plaatje zijn openingen in een kring aangebracht, die slechts smalle metaalspalkjes tusschen zich hebben, zoodat de lucht in de buis ongehinderd kan toestroomen. De aluminiumschijf vult de dwarsdoorsnede van de glazenbuis niet geheel op, maar laat, al naar de gevoeligheid, die men aan het apparaat wenschte te geven, een min of meer breede ringvormige spleet, tusschen schijf en buiswand, open. Door de spleet groot of klein te nemen wisselt de gevoeligheid van het apparaat, zeer sterk.

Opdat de vrije beweging van de aluminiumschijf, naar boven en beneden, volkomen ongestoord blijft, is het noodzakelijk de glazenbuis verticaal op te stellen, door aan het statief vastgemaakt stel-schroeven. Wanneer men van boven in de buis kijkt en daarop let, dat de ringvormige spleet, in rust, overal dezelfde breedte houdt, heeft men zijn doel bereikt. Tot toevoer van de lucht is de glazenbuis, boven en onder, met juist dezelfde en even wijden buisvormige aanzetstukken, voorzien. Het apparaat kan zoowel gebruikt worden ter meting van een stroom „perslucht” als van zuiglucht.

Het ijken geschiedt empirisch, door middel van eenen continueelen luchtstroom. Men kan zich dien op de volgende manier verschaffen. Voor geringe stroomsnelheden is een waterstraalluchtpomp of een electriche ventilator voldoende; voor grootere stroomingsnelheden gebruikt men een grooteren gashouder, b.v. het Waldenburgsche apparaat. Het meten der verbruikte hoeveelheid lucht geschiedt in het eerste geval door een gewonen gasmeter; in 't laatste geval, door rekening te houden met de dwarse doorsnede en den afgelegden weg van den cilindrischen gashouder en den tijd in seconden. Over de gelijkmatigheid van het doorstroomen gedurende het meten, oriënteert men zich aan den aërodromometer zelf; hij geeft bij eenen continueelen stroom een gelijkmatigen uitslag.

---

## HOOFDSTUK IV.

### **Proeven genomen met electricch gedreven stemvorken.**

Als geluidsbron werd door mij eene electricch gedrevene stemvork gebruikt, welke aan eene tweede trillingen mededeelde. Slechts die stemvorken konden gebruikt worden, wier trillingen een veelvoud gaven van de trillingen van de eerste stemvork of een aantal trillingen daaraan gelijk.

De medetrillende stemvork wordt op dezelfde manier als de orgelpijp, onder eene tent geplaatst; het geluid wordt door eene buis naar het acustisch kamertje geleid en door middel van hetzelfde slingertoestel als in het vorige hoofdstuk beschreven, waargenomen. De sterkte van het geluid van de trillende stemvork wordt bepaald door zijn amplitudo. Deze was af te lezen door, door middel van eenen microscoop, het Gradenigo-figuurtje, dat aan een der beenen van de stemvork gesoldeerd was, te bezien. De uitslagen van de trillende stemvork waren vrij wel constant.

Het grooter of kleiner doen worden der amplitudines werd verkregen door een shunt in te lasschen in de electricche draadgeleiding, wat met zich medebracht, dat stroom meer of minder naar de stemvork te ging.

In de aflezing der microns van het Gradenigo-Struycken figuurtje, heeft men dus eene goede maat voor de geluidsintensiteit.

De drijvende stemvork had een toonshoogte C: als ge-

luidsgevende stemvorken gebruikte men die van EDELMANN voor  $c^1$ ,  $c^2$  en  $c^3$ .

Moeilijk was het de zwevingen te doen verdwijnen. Ten einde deze te elimineeren, werden de beenen van de stemvork belast met was en lood.

De te onderzoeken stemvorken werden met haar steel in een statief bevestigd, bestaande uit een houten blok, met ijzer bezwaard. Om te voorkomen, dat bij het trillen van de stemvork de steeltrillingen op het statief zouden worden overgebracht, werd de steel daar, waar hij door de klem-schroeven in direct contact kwam met het houten blok, met eene dikke laag caoutschouc omgeven.

Het houten blok met stemvork rustte op een pilaar, bestaande uit eene wijde, met zand gevulde ijzeren pijp. Tusschen houten blok en pilaar was nog vilt aangebracht, ter meerdere demping van de trillingen.

Het geheel, stemvork plus pilaar, rustte op eene dikke zerk van hardsteen en deze laatste wederom op een viertal op elkaar gelegde looden platen.

Dit alles had tot strekking, om te voorkomen, dat de trillingen zich aan den bodem zouden mededeelen.

Om de stemvork was, in verticalen stand, aangebracht een koperen van graadverdeeling voorziene ring, waarlangs twee hoorbuizen zich in sleden konden bewegen. De trillende stemvork werd zooveel mogelijk in het middelpunt van den koperen ring geplaatst. De drijvende stemvork werd door eenen accumulator van 3 cellen in beweging gebracht en stond op den achterzolder van het laboratorium. Ook deze stemvork was door middel van caoutchouc, kurk, vilt, hardsteen en houten statief, zooveel mogelijk geïsoleerd.

Van de trillende drijvende stemvork gaan twee geleidingsdraden naar de andere stemvork, welke een verdieping lager was opgesteld, naast de collegezaal. Bij het in beweging zetten van de drijvende stemvork komt de te onderzoeken stemvork in trilling. De zwevingen spiegelen zich af in de fig. van Gradenigo-Struycken. Om het geluid af te snijden, werd het zelfde slingertoestel gebruikt, als hierboven vermeld bij de orgelpijpen.

Tot het nemen van deze proeven waren twee personen noodig. Een persoon ter waarneming van de uitslagen van de Gradenig-figuurtjes en één, ter waarneming van den slingertijd in het geluids-vrije kamertje. Prof. ZWAARDEMAKER en ik waren de waarnemende personen.

De proeven geschiedden aldus.

De drijvende stemvork werd verbonden met een accumulator van drie cellen. De stemvork werd in trilling gebracht.

Nu plaatste Prof. ZWAARDEMAKER zich bij de stemvork, die voorzien was van een oculairmicrometer, ter waarneming van de deelstreepjes van de figuurtjes van Gradenigo. Ik plaatste mij in het acustisch kamertje en deed daar mijne waarnemingen.

Met onze horloges, die te voren gelijk gesteld waren, namen wij de tijden op, gedurende welke wij experimenteerden. Hierna wisselden we om, zoodat Prof. ZWAARDEMAKER op het acustisch kamertje experimenteerde en ik de uitslagen door den oculairmicrometer naging.

Het was zeer moeilijk den bij de kleine uitslagen behorenden toon, zuiver waar te nemen. De juiste grens tusschen geruisch, geruisch met toon en zuiveren toon, was moeilijk

te onderscheiden. De zwevingen waren niet steeds geheel te verwijderen, ook bleek de stroomsterkte, die de stemvork dreef, niet altijd evengroot te zijn. Deze laatste fouten werden zooveel mogelijk geelimineerd, door slechts op bepaalde tijden de hiermede corresponderende uitslagen en geluidswaarnemingen te noteeren.

Waarnemingen gedaan op 18 Nov. 1907 's avonds 8 uur in het  
physiologisch laboratorium.

Ons beiden viel het op, dat bij plaatsnemen in het acustische kamertje, er hoegenaamd geen geluid in door-drong, hoewel de drijvende stemvork op denzelfden zolder geplaatst was, slechts door één vertrek van het kamertje gescheiden.

$$c_1 = 256.$$

| Waarneming van den ocul-micrometer,<br>door mij.  | Valhoogte van slinger,<br>waarbij de toon nog zuiver<br>gehoord wordt door<br>Prof. Zwaardemaker. | Aantal te hooren<br>trillingen. |
|---|---|---------------------------------|
| 12 deelstreepjes tusschen<br>de bases van de beide<br>fig. van Gradenigo-<br>Struycken. | $69^0$  | 28                              |
| 13 deelstreepjes tusschen<br>de fig. G <sup>s</sup> .                                   | $67\frac{3}{4}^0$   | 28                              |
| 14 streepjes.   | $68\frac{1}{2}^0$   | 28                              |
| Waarneming door Prof. Zwaardemaker<br>van den ocul-micrometer.                          | Waarneming van val-<br>hoogte door mij.   |                                 |
| 13 deelstreepjes tusschen<br>de bases.  | $70^0 - 68^0$   | 28                              |
| 15 deelstreepjes tusschen<br>de bases.  | $70^0$  | 28                              |
| 4 deelstreepjes tusschen<br>de bases.   | $52\frac{1}{3}^0$   | 36                              |
| 6 deelstreepjes tusschen<br>de bases.   | $55^0$  | 35                              |
| 60 micron.  | $24^0 ?$  | ?                               |
| 60 „  | $24^0 ?$  | ?                               |
| 20 „  | $20^0 ?$  | ?                               |



Nog zwakkere geluiden waren niet meer als toon hooren. Sterker werden de geluiden, door de shunt uit te schakelen en door de beide buizen, die in het interferentievlak van KIESSLING geplaatst waren, beiden evenveel te verschuiven, naar het middelpunt van dit vlak. We zullen de buizen gemakshalve als de noorderbuis N en de zuiderbuis Z noemen en tevens den afstand van buisopening tot been van de stemvork meten. Deze afstand bedroeg voor „N” 2.7 voor „Z” 2.0 cM.

|   | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|---|--|--|
| Amplitudo 100 Micron.                   | 66   |  |
| 5 à 4 Streepjes tus-<br>schen de bases. | 78   | 25.6                                       |
| 40 à 50 Micron.                         | 76   | 25.6                                       |
| 30 à 40     ”                           | 77   | 25.6                                       |
| 70     ”                                | 78   | 25.6                                       |
| 30     ”                                | 68   | 28.6                                       |
| 25     ”                                | 65   | 28.  |
| 60     ”                                | 79   | 25.6                                       |
| 60     ”                                | 80   | 25.6                                       |
| 20     ”                                | 59   | 30.7                                       |
| 20     ”                                | 59   | 30.7                                       |
| 18 à 20     ”                           | 58 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>               | 30.9                                       |
| 16     ”                                | 5 <sup>5</sup> / <sub>2</sub>                | 35.  |
| 16     ”                                | 59   | 30.7                                       |
| 16     ”                                | 55 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>               | 35.  |

## HOOFDSTUK V.

### **Proeven genomen met den sinus-inductor.**

Bij mijne vorige proeven is mij gebleken, dat er fouten in de constante geluidsbron en in de wijze van tijdsopname aanwezig waren. Vooral in de laatste zijn de fouten vrij groot. Er werd nu als volgt geëxperimenteerd.

Als geluidsbron eene trillende stemvork, die door eene andere, electricch gedreven werd, evenals bij de boven vermelde proeven. Voor de trillende stemvork, staat eene microfoon van BLAKE. Deze is in verbinding gebracht met een galvanisch element. De microfoon brengt de geluidstrillingen over, langs draden naar een telephoon, die in het acustisch kamertje geplaatst is.

Deze micro- en telephoon, zijn dus de overbrengers, door middel van de draadverbinding.

Wanneer ik nu in de draden, een instrument inschakel, dat den stroom openen en sluiten kan, in af te meten tijden, bereik ik mijn doel. Hiervoor werd de hierboven beschreven slinger gebruikt. Deze werd namelijk ingeschakeld in de draden en wel zoo, dat wanneer de slinger stil hing, er contact was. Dit contact ontstond als volgt. Aan het onder-einde van den slinger, was een ebonieten bakje geplaatst, dat met kwik gevuld was: dit bakje was driehoekig. De eene draad was aan den slinger of liever aan een ijzeren ring, die

er horizontaal om heen verliep en er indirekt mede contact had, aangebracht; de tweede draad, zat aan het ebonieten bakje vast. Door dit bakje liep een ijzeren staafje, dat met het kwik in dat bakje, contact had. Wanneer de slinger het kwik aanraakte, was dus de keten gesloten. Het kwikbakje was driehoekig en wel hierom, dat door het bakje te verplaatsen, ook de weg veranderde, gedurende welke de slinger door het kwikbakje sloeg.

We hebben hier dus bereikt het geluid in eens in zijne volle intensiteit te hooren en niet zooals bij de vorige proeven, met de kraanopening, van zacht tot maximaal sterk om dan weer tot minimaal zwak te verminderen. De bezwaren waren echter, dat men gedwongen was, met sterke geluiden te experimenteeren, daar onze microfoon niet gevoelig genoeg bleek te zijn. Bij zwakke geluiden, hoorde men steeds bijgevoelruiſchen, die zeer hinderlijk waren.

Als geluidsbron werd een sinusinductor aangewend. Deze werkte als volgt.

Beneden naast de collegezaal, was een electricſch motortje met vliegwiel, opgesteld. Aan dit vliegwiel zaten verſchillende snekken vast. De motor brengt door middel van een drijfriem, die over de verſchillende snekken kan loopen, een sinusinductor in beweging.

De sinusinductor beſtaat uit twee gedeelten, een veltand gedeelte met acht draadkloſjes en een rondsdraaiend gedeelte, met ook acht draadkloſjes. De sinusinductor ſtaat in verband met een accumulator van 2 volts. Wanneer de sinusinductor eenmaal omgewenteld wordt, ontſtaan er acht wiffelſtroomen. Deze wiffelſtroomen worden langs draden geleid naar het acustifch kamertje, waar een tele-

phoon aan verbonden is. De wisselstroomen brengen het plaatje van den telephoon in trilling en geven geluid. Door weerstanden in te schakelen wordt de intensiteit minder.

Het veranderen van de toonhoogte, geschiedt door den sinusinductor met behulp van den motor sneller of langzamer te laten loopen.

Om de toonhoogte van het trillende plaatje van den telephoon te berekenen, moet men het aantal omwentelingen van den sinusinductor weten, en dit aantal met 8, het aantal draad klosjes, vermenigvuldigen.

Het aantal omwentelingen van den sinusinductor in de seconde berekent men als volgt.

Men gaat na hoeveel omwentelingen geschieden, wanneer de drijfriem eenmaal omloopt, verder telt men het aantal omwentelingen van den drijfriem in eene minuut. Dit gaat gemakkelijk, wanneer men een plaats in den drijfriem markeert en nagaat hoeveel maal dit gemarkeerde punt in de minuut een vast punt passeert. De tijdsopname, geschiedt door een aftik-horloge, op deze manier kan men dus nauwkeurig de toonhoogte berekenen.

De tweede vraag het varieeren van de intensiteit, geschiedt als volgt.

In den draadketen wordt een weerstandsbank ingelast, en tevens een snaar-galvanometer: door dezen kan de stroomsterkte afgelezen worden. We hebben dus een toon van een bekend aantal trillingen, die ontstaat door eene bekende stroomsterkte en wiens stroomsterkte men kan aflezen aan den snaar-galvanometer; de stroomsterkte kan door middel van de weerstandsbank, gevarieerd worden.

De toon had dikwijls bijgeruischen en boventonen, die

ontstonden in den telephoonketen. De bijgeruischen geleken veel op het brommend gonzen van een mug, en waren zeer moeilijk te verwijderen; ten slotte gelukte het en was de geproduceerde toon geheel gezuiverd van bijgeruischen en boventonen. (Electrische condensator en zelf-inductie).

De proeven werden als volgt genomen. Nadat de snaar-galvanometer te voren geijkt was, zette DE GROOT, assistent der oorheekunde den sinusinductor in beweging en telde de omwentelingen.

Ik bevond mij in het accustisch kamertje. Ik noteerde de stroomsterkte, die ik kon aflezen aan den snaar-galvanometer en in de weerstandsbank en zocht hierbij op, de valhoogte waarbij ik den toon nog even zuiver waarnam.

$$\text{Toonhoogte was } \frac{2000 \times 8}{60} = 266,6 \text{ trillingen per sec.}$$

| Galvanometer uitslag.   | Valhoogte van den slinger (in graden). | Aantal trillingen, dat gehoord werd. |
|---|--|--------------------------------------|
| Schwelle bij 10 Ohms in Shunt geplaatst, geen uitslag van den galvanometer. | $1\frac{1}{2}$                         |                                      |
| Galvanometer $\frac{1}{2}$ deelstreep.                                      | 2                                      | 26.22                                |
| ” ”   | 12                                     |                                      |
| ” ”   | 13                                     | 12.28                                |
| ” ”   | 14                                     |                                      |
| ” ”   | 14                                     |                                      |
| Galvanometer één deelstreep.  | 15                                     | 10.68                                |
|   | $15\frac{1}{2}$                        |                                      |
| Toonhoogte 200 trillingen.  |  |                                      |
| Uitslag van den galvanometer iets minder dan een.                           | $14\frac{1}{2}$                        |                                      |
|   | 14                                     | 11.48                                |
|   | $13\frac{1}{2}$                        |                                      |

|   | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat geboord<br>werd. |
|---|--|--|
| Uitslag van den galvanometer eene<br>halve deelstreep.                                    | 13   |  |
|   | 12   | 12   |
|   | 13   |  |
| Schwelle bij ongeveer 30 Ohms<br>weerstand in de weerstandsbank<br>als shunt aangebracht. | 3  |  |
|   | 4  | 20.5                                       |
|   | 4  |  |
| Aantal trillingen = 3066 per sec.   |  |  |
| Galvanometer uitslag $\frac{1}{2}$ deelstreep.  | 6  |  |
|   | 9  |  |
|   | $8\frac{1}{2}$                               | 19   |
| Schwelle bij 100 Ohms in Shunt<br>geplaatst, geen uitslag van galva-<br>nometer.          | 3  |  |
|   | $5\frac{1}{2}$                               | 23.6                                       |
|   | 5  |  |
| Aantal trillingen = 120 per seconde.  |  |  |
| Galvanometer-uitslag 1 deelstreep.  | 5  |  |
|   | $5\frac{1}{2}$                               |  |
|   | 4  | 8.78                                       |
| Schwelle bij 400 Ohms in shunt.   | 2  |  |
|   | 3  |  |
|   | $2\frac{1}{2}$ à 3                           | 3.8  |
| Aantal trillingen = 312 per sec.  |  |  |
| Galvanometer-uitslag een dubbel-<br>lijn niettegenstaande 2000 ohms uit-<br>gelast waren. | 2  |  |
|   | 22   |  |
|   | 23   |  |
| Schwelle bij 19 Ohms in shunt.  | 4  | 8.1  |
|   | 3  |  |
|   | $3\frac{1}{2}$                               | 25.5                                       |

|                                  |     | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|----------------------------------|-----|--|--|
| Aantal trillingen = 450 per sec. |     |  |  |
| Schwelle bij 4 Ohms in shunt.    |     |  |  |
|                                  |     | 4  |  |
|                                  |     | 6  | 27.9                                       |
|                                  |     | 9  |  |
| 20 Ohms                          | " " | 19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>               |  |
|                                  |     | 20 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>               | 14.4                                       |
|                                  |     | 18 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>               |  |
| 100 Ohms                         | " " | 21   |  |
|                                  |     | 20   | 14.4                                       |
|                                  |     | 21   |  |
| 1000 Ohms                        | " " | 21   |  |
|                                  |     | 23   |  |
|                                  |     | 25   | 10.8                                       |
| 3000 Ohms                        | " " | 20   |  |
|                                  |     | 18 à 19                                      |  |
|                                  |     | 20   | 14.4                                       |
| 600 Ohms                         | " " | 23   |  |
|                                  |     | 21   | 11.7                                       |
|                                  |     | 20   |  |

Bij de vorige proeven, werd de motor gedreven, door het knopje van aanzetten op No. 1 te zetten, nu werd het knopje op No. 2 gezet. Hierbij liep de motor sneller 82 omwentelingen in de  $\frac{1}{2}$  minuut dus aantal trillingen

van den toon  $\frac{164 \times 8 \times 22\frac{1}{2}}{60} = 490$ . ( $22\frac{1}{2}$  is het aan-

tal omwentelingen van sinusinductor bij eenmaal omwentelen van den drijfriem);

Aantal trillingen = 490 per seconde.

|   | Valhoogte,<br>waarbij toon<br>zuiver valt waar<br>te nemen. | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|---|---|--|
| Schwelle bij 1 Ohm in shunt aan-<br>gebracht. | 9   |  |
|   | 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                               |  |
|   | 2   |  |
| 20 Ohms in shunt aangebracht.                 | 10  | 27.4                                       |
|   | 18  | 16.6                                       |
|   | 15  | 19.6                                       |
| 100 Ohms " "                                  | 16  | 18.6                                       |
|   | 16  | 18.6                                       |
|   | 15  | 19.6                                       |
| 300 Ohms " "                                  | 16  | 18.6                                       |
|   | 16  | 18.6                                       |
|   | 15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                              |  |
| 1000 Ohms " "                                 | 16  | 18.6                                       |
|   | 18  |  |
|   | 19  |  |
| 4000 Ohms " "                                 | 17  | 17.6                                       |
|   | 15  |  |
|   | 15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                              | 19.6                                       |
|   | 15  |  |

Drijfriem geplaatst op een na kleinste snekke van motor: knopje van aanzet van motor geplaatst op No. 1.

Omwenteling 45 in de halve minuut aantal trillingen van toon  $\frac{90 \times 8 \times 22\frac{1}{2}}{60} = 270$  trillingen.

|   | Valhoogte van<br>den slinger,<br>(in graden.) | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|---|---|--|
| Schwelle bij 10 Ohms in shunt<br>geplaatst. | 6   |  |
|   | 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                 | 18.09                                      |
|   | 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                 |  |



|                             | Valhoogte van den slinger (in graden). | Aantal trillingen, welke gehoord werd. |
|-----------------------------|--|--|
| 20 Ohms in shunt geplaatst. | 12                                     | 13.2                                   |
|                             | 14                                     | 12.4                                   |
|                             | 11                                     | 13.5                                   |
| 100 Ohms       "       "    | 20                                     | 8.1                                    |
|                             | 19                                     |  |
|                             | 20 <sup>1/2</sup>                      |  |
| 300 Ohms       "       "    | 22                                     |  |
|                             | 20                                     | 8.1                                    |
|                             | 19 <sup>1/2</sup>                      |  |
| 1000 Ohms     "       "     | 20                                     |  |
|                             | 19 <sup>1/2</sup>                      | 8.1                                    |
|                             | 20 <sup>1/2</sup>                      |  |
| 4000 Ohms     "       "     | 18 <sup>1/2</sup>                      |  |
|                             | 19                                     | 9.7                                    |
|                             | 18 <sup>1/2</sup>                      |  |

Een nieuwe drijfriem werd aan motor en sinusinductor aangebracht. De drijfriem gaf 25 omwentelingen van den sinusinductor bij eenmaal rondgaan.

Drijfriem op 1° as.

18 omwentelingen van den driefriem in 1/2 minuut.

$$\text{Aantal trillingen} \frac{36 \times 8 \times 25}{60} = 120.$$

|  | Valhoogte, waar- bij toon zuiver valt waar te nemen. | Aantal trillingen, dat gehoord werd. |
|--|--|--------------------------------------|
| Uitslag van den galvanometer bij een spanning van 20°. | 12   |                                      |
|  | 12 <sup>1/2</sup>                                    | 5,8                                  |
|  | 12   |                                      |

1<sup>1/2</sup> Streep.

|  | Valhoogte, waar-<br>bij toon zuiver<br>valt waar te<br>nemen. | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|--|---|--|
| 4 Streepjes.   | 12  |  |
|  | 12 $\frac{1}{2}$  | 5,8  |
|  | 11 à 12   |  |
| Schwelle bij 10 Ohms in shunt  | 6 $\frac{1}{2}$   |  |
| geplaatst.   | 7   | 8,2  |
|  | 7   |  |
| Drijfriem op 2 <sup>e</sup> as. Motor gezet op 1 <sup>e</sup> knop 28 omwenteling in $\frac{1}{2}$ minuut. |   |  |
| Aantal trillingen van toon   | $\frac{56 \times 8 \times 25}{60} = 186.$                     |  |
| Galvanometer-uitslag 4 Streepjes.  | 16  |  |
|  | 17  |  |
|  | 16 $\frac{1}{2}$  | 7,4  |
| Schwelle bij 7 Ohms in shunt   | 8   |  |
| geplaatst.   | 9   | 11,7                                       |
|  | 8 $\frac{1}{2}$   |  |
| Drijfriem om 3 <sup>e</sup> as   |   |  |
| 38 omwentelingen in $\frac{1}{2}$ minuut.  |   |  |
| Aantal trillingen  | $\frac{76 \times 8 \times 25}{60} = 253.$                     |  |
| Schwelle bij 3 Ohms in shunt.  | 5 $\frac{1}{2}$   | 18,4                                       |
| ” ”  | 7   |  |
| ” ”  | 8 $\frac{1}{2}$   |  |
| Galvanometer uitslag bij 2 $\frac{1}{2}$ deel-   | 21  |  |
| streep.  | 21  |  |
|  | 20,5  | 7.59                                       |
| Drijfriem 4 <sup>e</sup> as: 49 omwenteling in halve minuut.   |   |  |
|  | $\frac{94 \times 8 \times 25}{60} = 313.3$ trillingen.        |  |

|                                  | Valhoogte, waar-<br>bij toon zuiver<br>valt waar te<br>nemen. | Aantal trillingen.<br>dat gehoord<br>werd. |
|----------------------------------|---|--|
| Schwelle bij 30 Ohms in shunt.   | 7   |  |
| ” ”                              | 8 <sup>1</sup>  |  |
| ” ”                              | 8 <sup>1/2</sup>  | 18.4                                       |
| 2 à 2 <sup>1/2</sup> Deelstreep. | 20  |  |
| ” ”                              | 19 <sup>1/2</sup>   | 9.7  |
| ” ”                              | 20  |  |

Drijfriem 5e as : 55 omwenteling in halve minuut.

$$\text{aantal trillingen} \frac{11.0 \times 8 \times 25}{60} = 366,6 \text{ trillingen.}$$

|  |                   |       |
|--|-------------------|-------|
| Schwelle bij 2 Ohms in shunt.          | 6                 |       |
| ” ”                                    | 7                 | 22.69 |
| ” ”                                    | 9                 |       |
| 1 <sup>3/4</sup> Streep galvanometer ” | 20 <sup>1/2</sup> |       |
| ” ”                                    | 21                | 10.6  |
| ” ”                                    | 20 <sup>1/2</sup> |       |

Drijfriem om 6e as : 65 omwenteling in <sup>1</sup>/<sub>2</sub> meter 400 trillingen in de seconde.

|                                   |                  |      |
|-----------------------------------|------------------|------|
| Schwelle bij 2 Ohms in shunt.     | 8                |      |
| ” ”                               | 8 <sup>1/2</sup> | 24   |
| ” ”                               | 7 <sup>1/2</sup> |      |
| Uitslag 1 <sup>3/4</sup> Streep ” | 22               |      |
| ” ”                               | 24               | 1.08 |
| ” ”                               | 18               |      |

Hoog flap geluid.

Drijfriem om laatste as : 90 omwentelingen in de halve

$$\text{minuut.} \frac{180 \times 8 \times 25}{60} = 600 \text{ trillingen.}$$

|   | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|---|--|--|
| Schwelle bij 20 Ohms in shunt<br>geplaatst. | 11   |  |
|   | 12   |  |
|   | 12   |  |
| Galvometer $\frac{3}{4}$ Streep. „ „        | 23   | 14.4                                       |
|   | Toon te onzuiver om<br>waar te nemen.        |  |

Als laagste aantal trillingen waarbij geexperimenteerd werd is 120, het hoogste aantal 400 trillingen in de seconde. Bij 800 trillingen in de seconde, was de toon te onzuiver om nog waarnemingen te kunnen opnemen.

Voor zeer hoge tonen schijnen de telephonen ongeschikt te zijn.

**Ijkingstabel betreffende den Snaar-galvanometer. (Zie fig. II).**

---

## HOOFDSTUK VI.

### Proeven genomen met tongpijpen.

Bij deze proeven gebruikte ik tongpijpen en wel die tongpijpen, die een harmonica vormen en gebruikt worden, ter onderzoek voor doofstommen, model Urbantsch, (geleverd door SCHWARTZ te Wenen). De reeks tongpijpen ging van  $F_1$  tot  $a^4$ .

Deze tongpijpen, werden door eene soufflerie aangeblazen. Op deze soufflerie staat een microfoon, die met een element verbonden is. De afstand van microfoon tot tongpijp kan gevarieerd worden. Van den microfoon verlopen 2 draden naar het acustische kamertje en staan hier in contact met een telefoon, ter beluistering van 't geluid der tongpijpen. Ter onderbreking van den stroom diende de slinger met zijn kwikbakje, hierboven omschreven: verder gebruikte ik de weerstandsbank wederom tot regeling der stroomsterkte; ter aflezing der stroomsterkte diende de snaar-galvanometer.

We kunnen de geheele opstelling van al de instrumenten in het acustisch kamertje, als een zijketen van de geleidingsdraden i. i. beschouwen, zie fig. Wanneer nu al de stoppen in de weerstandsbank, 2 aanwezig zijn, gaat er hoegenaamd geen stroom door de zijketen (hetgeen men aan den galvanometer kan waarnemen). Door nu de stoppen uit

de weerstandsbank te nemen, heeft men een maat in handen, om den stroom in de zijketen te regelen.

Wanneer de zijketen gesloten is, en dat heeft alleen plaats bij doorslaan van den slinger door het kwikbakje, hoort men dus het geluid in den telephoon 2. en leest men tevens de stroomsterkte af in den snaar-galvanometer.

Volgens Wien, Physikal. Zeitschrift. Bd. IV pg. 3 is de toon-amplitudo propotionaal aan de plaat-amplitudo en deze propotionaal aan de stroomsterkte.

De proeven werden nu als volgt genomen. De Heer DE GROOT nam plaats in het vertrek naast de collegezaal, waar de tongpijpen op de soufflerie opgesteld waren en bepaalde den afstand van de tongpijp tot aan den telephoon. Hij liet eene bepaalde tongpijp aanspreken. Tegelijkertijd deed ik mijne waarnemingen in het acustisch kamertje. Ik bepaalde ten eerste de Schwelle van de aangeblazen pijp, zocht vervolgens de corresponderende valhoogte op, waarbij ik het geluid nog even kon waarnemen. Vervolgens berekende ik de stroomsterkte, die dezen toon teweegbracht. Deze stroomsterkte kon ik aflezen aan den uitslag van den snaar-galvanometer, en tevens aan de weerstanden in ohms, die ik uit de weerstandsbank genomen had.

De snaar-galvanometer was te voren geijkt. De spanning van de snaar in den galvanometer kon gevarieerd worden: het was dus noodig te voren de spanning van de snaar af te lezen, om uit de tabel, behoorende bij den galvanometer, de stroomsterkte te kunnen aflezen.

Ik deed nu 3 waarnemingen: ten eerste bepaalde ik de Schwelle, ten tweede deed ik eene waarneming, waarbij 100 Ohms uit de bank genomen en ten derde eene met 1000 Ohms.

$G_1 = 48$  trillingen.

|                               |     | Valtoogte van<br>denslinger, waar-<br>bij toon nog valt<br>waar te nemen<br>(in graden.) | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|-------------------------------|-----|--|--|
| Schwelle bij 2 Ohms in shunt. |     | 6  | 3.2  |
| 100 Ohms                      | " " | 10   | 1.68                                       |
| 1000 Ohms                     | " " | 14   | 1.82                                       |

$A_1 = 54$  trillingen.

|                               |     |                |      |
|-------------------------------|-----|----------------|------|
| Schwelle bij 2 Ohms in shunt. |     | $7\frac{1}{2}$ | 3.45 |
| 100 Ohms                      | " " | 12             | 2.64 |
| 1000 Ohms                     | " " | 12             | 2.64 |

$H_1 = 61$  trillingen.

|                               |     |                 |      |
|-------------------------------|-----|-----------------|------|
| Schwelle bij 2 Ohms in shunt. |     | 5               | 4.39 |
| 100 Ohms                      | " " | 13              | 2.8  |
| 1000 Ohms                     | " " | $12\frac{1}{2}$ | 2.9  |

$C = 65$  trillingen.

|                               |     |                 |      |
|-------------------------------|-----|-----------------|------|
| Schwelle bij 3 Ohms in shunt. |     | 6               | 4.48 |
| 100 Ohms                      | " " | $12\frac{1}{2}$ | 3.12 |
| 1000 Ohms                     | " " | 12              | 3.18 |

$D = 73$  trillingen.

|                               |     |                 |      |
|-------------------------------|-----|-----------------|------|
| Schwelle bij 3 Ohms in shunt. |     | 5               | 5.32 |
| 100 Ohms                      | " " | $12\frac{1}{2}$ | 3.5  |
| 1000 Ohms                     | " " |                 |      |

|                               |     |                 |      |
|-------------------------------|-----|-----------------|------|
| Schwelle bij 2 Ohms in shunt. |     | 5               | 5.95 |
| 100 Ohms                      | " " | 14              | 3.11 |
| 1000 Ohms                     | " " | $13\frac{1}{2}$ | 2.7  |

$F = 86$  trillingen.

|                               |     |                 |      |
|-------------------------------|-----|-----------------|------|
| Schwelle bij 2 Ohms in shunt. |     | $5\frac{1}{2}$  | 6.02 |
| 100 Ohms                      | " " | $13\frac{1}{2}$ | 3.69 |
| 1000 Ohms                     | " " | 13              | 3.78 |

$E = 82$  trillingen.

|                               | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|-------------------------------|--|--|
| Schwelle bij 2 Ohms in shunt. | 6  | 6.1  |
| 100 Ohms " "                  | 13   | 4.46                                       |
| 1000 Ohms " "                 | 14   | 6.16                                       |

$A = 109$  trillingen.

|                              |    |      |
|------------------------------|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm in shunt. | 7  | 7.08 |
| 100 Ohms " "                 | 14 | 4.68 |
| 1000 Ohms " "                | 15 | 4.36 |

$H = 122$  trillingen.

|                              |    |      |
|------------------------------|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm in shunt. | 7  | 7.9  |
| 100 Ohms " "                 | 14 | 5.2  |
| 1000 Ohms " "                | 15 | 4.88 |

$C_0 = 129$  trillingen.

|                              |    |      |
|------------------------------|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm in shunt. | 10 | 7.09 |
| 100 Ohms " "                 | 12 | 6.32 |
| 1000 Ohms " "                | 15 | 5.16 |

Bij de Schwelle was de toon niet zuiver te hooren, wel een sterke boventoon.

$D_0 = 145$  trillingen.

|                              |    |      |
|------------------------------|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm in shunt. | 6  | 9.71 |
| 100 Ohms " "                 | 15 | 5.8  |
| 1000 Ohms " "                | 15 | 5.8  |

$E_0 = 163$  trillingen.

|                              |    |       |
|------------------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm in shunt. | 6  | 10.92 |
| 100 Ohms " "                 | 14 | 7.0   |
| 1000 Ohms " "                | 15 | 6.5   |



$$F_0 = 173 \text{ trillingen.}$$

|                     | Valhoogte van<br>den slinger,<br>(in graden). | Aantal trillingen<br>dat gehoord<br>werd. |
|---------------------|---|---|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 7 à 7 $\frac{1}{2}$                           | 11.4                                      |
| 100 Ohms.           | 16  | 6.5                                       |
| 1000 Ohms.          | 15  | 6.9                                       |

$$G_0 = 194 \text{ trillingen.}$$

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 6  | 13.01 |
| 100 Ohms.           | 16 | 7.37  |
| 1000 Ohms.          | 15 | 7.76  |

$$A^0 = 218 \text{ trillingen.}$$

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| Schwelle bij 2 Ohms | 5  | 15.9 |
| 100 Ohms.           | 13 | 9.9  |
| 1000 Ohms.          | 14 | 9.37 |

$$H^0 = 244 \text{ trillingen.}$$

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohms | 6  | 16.34 |
| 100 Ohms.           | 17 | 8.78  |
| 1000 Ohms.          | 15 | 9.76  |

$$c_1 = 259 \text{ trillingen.}$$

|                     |                  |       |
|---------------------|------------------|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 6 $\frac{1}{2}$  | 16.83 |
| 100 Ohms.           | 18               | 8.8   |
| 1000 Ohms.          | 16 $\frac{1}{2}$ | 9.58  |

$$d_1 = 290 \text{ trillingen.}$$

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 5  | 21.17 |
| 100 Ohms.           | 18 | 9.88  |
| 1000 Ohms.          |    |       |

$$e_1 = 326 \text{ trillingen.}$$

|                     |                       |       |
|---------------------|-----------------------|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 7                     | 21.51 |
| 100 Ohms.           | 18 $\frac{1}{2}$ à 19 | 10.75 |
| 1000 Ohms.          | 19                    | 10.43 |

$f_1 = 345$  trillingen.

|  | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|--|--|--|
| Met een ohm weerstand is de<br>toon nog duidelijk te hooren. | 6  | 23.1                                       |
| 100 ohms.  | 19   | 11.0                                       |
| 1000 ohms.   | 19   | 11.0                                       |

Daar de Schwelle niet goed meer te verkrijgen was met de weerstandsbank (nl. door het kleinst aantal ohms uit te schakelen), heeft men het geluid verzwakt, ten eerste door het gewicht, dat op de soufflerie aangebracht was te verschuiven, zoodat de tongpijp minder krachtig aangeblazen werd, ten tweede door den microfoon verder van de tongpijp af te plaatsen. Nu bleek de Schwelle bereikbaar en bruikbaar te zijn voor mijne bepalingen.

$g_1 = 388$  trillingen.

|                      | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|----------------------|--|--|
| Schwelle bij 9 Ohms. | 4  | 29.8                                       |
| 100 Ohms.            | 11   | 20.2                                       |
| 1000 Ohms            | 13   | 17.7                                       |

$a_1 = 435$  trillingen.

|                      |                  |      |
|----------------------|------------------|------|
| Schwelle bij 7 Ohms. | 7                | 28.7 |
| 100 Ohms.            | 14 $\frac{1}{2}$ | 18.2 |
| 1000 Ohms.           | 14 $\frac{1}{2}$ | 18.2 |

$h_1 = 488$  trillingen.

|                      |    |      |
|----------------------|----|------|
| Schwelle bij 9 Ohms. | 7  | 32.2 |
| 100 Ohms.            | 15 | 19.5 |
| 1000 ohms.           | 15 | 19.5 |

|                         | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|-------------------------|--|--|
| $c_2 = 517$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 9 Ohms.    | 6  | 34.6                                       |
| 100 Ohms.               | 18   | 17.5                                       |
| 1000 Ohms.              | 19 à 20                                      | 16.02                                      |
| $d_2 = 581$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 6 Ohms.    | 7 à 8  | 37.18                                      |
| 100 Ohms.               | 17   | 20.9                                       |
| 1000 Ohms.              | 17   | 20.9                                       |
| $e_2 = 652$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 2 Ohms.    | 8  | 40.4                                       |
| 100 Ohms.               | 20   | 20.86                                      |
| 1000 Ohms.              | 19 à 20                                      |  |
| $f_2 = 691$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 5 Ohms.    | 8  | 42.8                                       |
| 100 Ohms.               | 18   | 23.49                                      |
| 1000 Ohms.              | 18   | 23.49                                      |
| $g_2 = 775$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 3 Ohms.    | 8 à 9  | 46.5                                       |
| 100 Ohms.               | 20   | 24.25                                      |
| 1000 Ohms.              | 20   | 24.25                                      |
| $a_2 = 870$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 2 Ohms.    | 8  | 53.9                                       |
| 100 Ohms.               | 21   | 24.5                                       |
| 100 Ohms.               | 20 à 19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>          | 26.9                                       |
| $h_2 = 977$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 1 Ohm.     | 9 à 10                                       | 55.6                                       |
| 100 Ohms.               | 20   | 29.3                                       |
| 1000 Ohms.              | 20   | 29.3                                       |

Het gewicht aan de soufflerie moet nog meer verschoven worden, om 't geluid nog zwakker te maken tot aan de grens.

De toon is niet zuiver meer en wordt door den telefoon in het acustisch kamertje zwak en onzuiver weergegeven.

$c_3 = 1035$  trillingen.

|                      | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden.) | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|----------------------|--|--|
| Schwelle bij 7 Ohms. | 7  | 68.3                                       |
| 100 Ohms.            | 20   | 31.05                                      |
| 1000 Ohms.           | 17   | 37.26                                      |

Toon onduidelijker, zwak.  $d_3 = 1161$  trillingen.

|                       |    |       |
|-----------------------|----|-------|
| Schwelle bij 19 Ohms. | 8  | 71.98 |
| 100 Ohms.             | 19 | 37.15 |
| 1000 Ohms.            | 18 | 39.47 |

$e_3 = 1305$  trillingen. Toon duidelijker en zuiver.

|                      |    |       |
|----------------------|----|-------|
| Schwelle bij 2 Ohms. | 9  | 76.99 |
| 100 Ohms.            | 21 | 36.5  |
| 1000 Ohms.           | 21 | 36.5  |

$f_3 = 1381$  trillingen.

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 8  | 85.6  |
| 100 Ohms.           | 22 | 36.9  |
| 1000 Ohms.          | 21 | 38.66 |

$g_3 = 1550$  trillingen. Toon zacht, onzuiver.

|                       |    |      |
|-----------------------|----|------|
| Schwelle bij 19 Ohms. | 8  | 96.1 |
| 100 Ohms.             | 19 | 49.6 |
| 1000 Ohms.            | 19 | 49.6 |

$a_3 = 1740$  trillingen.

|                       |    |        |
|-----------------------|----|--------|
| Schwelle bij 10 Ohms. | 6  | 116.58 |
| 100 Ohms.             | 17 | 62.6   |
| 1000 Ohms.            | 20 | 52.2   |

$h_3 = 1953$ . Tonen zeer onduidelijk.

|                       | Valthoogte van den slinger (in graden). | Aantal trillingen, dat gehoord werd. |
|-----------------------|---|--------------------------------------|
| Schwelle bij 40 Ohms. | 6                                       | 130.8                                |
| 100 Ohms.             | 14                                      | 83.9                                 |
| 1000 Ohms.            | 15                                      | 78.1                                 |

$c_4 = 2096$ . Toon zeer onduidelijk en zwak.

|                       |    |       |
|-----------------------|----|-------|
| Schwelle bij 20 Ohms. | 7  | 136.5 |
| 100 Ohms.             | 18 | 71.3  |
| 1000 Ohms.            | 18 | 71.3  |

$d_4 = 2323$  trillingen.

$d_4$  en de hoogere tongpijpen zijn niet meer met de soufflerie aan te blazen. De onzuiverheid der tonen bleek haar oorzaak in den microfoon te hebben. De verbetering werd verkregen door een zeergevoeligen microfoon als geluidsopnemer te gebruiken en wel een microfoon van Edelman.

Alvorens de proeven met den nieuwen microfoon te nemen, vond ik het raadzaam nog eens die tongpijpen te beluisteren, waarbij de toon geheel zuiver zonder bijgeruischen of boventonen gehoord werd.

|                      | Valthoogte van den slinger (in graden). | Aantal trillingen, dat gehoord werd. |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Schwelle bij 8 Ohms. | 8                                       | 8.99                                 |
| 100 Ohms.            | 15                                      | 5.8                                  |
| 1000 Ohms.           | 14                                      | 6.23                                 |

$h_0 = 244$  trillingen.

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 10 | 13.4 |
| 1000 Ohms.          | 24 | 5.52 |

Daar bij 1 Ohm weerstand de Schwelle nog niet

bereikt was, werd de microfoon, die vroeger 20 cM. vanaf de tongpijp stond, nu op een afstand van 30 cM. geplaatst.

$d_1 = 290$  trillingen.

|                     | Valhoogte van den slinger (in graden.) | Aantal trillingen, dat gehoord werd. |
|---------------------|--|--------------------------------------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 6                                      | 18.09                                |
| 100 Ohms.           | 22                                     | 7.54                                 |
| 1000 Ohms.          | 24                                     | 6.67                                 |

$e_1 = 326$  trillingen.

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 8  | 20.21 |
| 100 Ohms.           | 24 | 7.49  |
| 1000 Ohms.          | 26 | 6.19  |

Afstand van microfoon tot tongpijp 40 cM.

$f_1 = 345$  trillingen.

|                      |    |       |
|----------------------|----|-------|
| Schwelle bij 3 Ohms. | 8  | 21.39 |
| 100 Ohms.            | 23 | 8.28  |
| 1000 Ohms.           | 25 | 7.2   |

$g_1 = 388$  trillingen.

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 9  | 22.49 |
| 100 Ohms.           | 28 | 6.59  |
| 1000 Ohms.          | 30 | 5.43  |

$a_1 = 435$  trillingen.

Afstand van microfoon tot tongpijp = 60 cM.

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 9  | 25.6  |
| 100 Ohms.           | 21 | 12.17 |
| 1000 Ohms.          | 20 | 13.05 |

$h_1 = 488$  trillingen.

|                      |        |      |
|----------------------|--------|------|
| Schwelle bij 3 Ohms. | 9 à 10 | 27.8 |
| 100 Ohms.            | 20     | 14.6 |
| 1000 Ohms.           | 20     | 14.6 |

$c_1 = 259$  trillingen.

|                      | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen<br>dat gehoord<br>werd. |
|----------------------|--|---|
| Schwelle bij 3 Ohms. | 8  | 16.06                                     |
| 100 Ohms.            | 22   | 6.65                                      |
| 1000 Ohms.           | 22   | 6.65                                      |

Bij de verdere tonen traden lichte bijgeruischen op; de grondtonen waren steeds duidelijk te hooren.

Daar Prof. ZWAARDEMAKER, eene nieuwen zeer gevoeligen, microphoon van Edelmann, tot experimenteel onderzoek heeft laten komen, werden de laatste proefreeksen met dezen nieuwen microphoon herhaald. De opstelling van dezen microphoon was anders en geschiedde als volgt.

De microphoon hing aan den wand en was verbonden met een element. In deze stroomketen was ingelascht een primaire klos en hierom heen een sec. klos. Van dezen sec. klos gingen 2 draden af naar het geluidvrije kamertje. Bij trillen van het microphoonplaatje werden dus wisselstroomen in den klos opgewekt en deze wisselstroomen werden naar het acustische kamertje overgebracht, en daar in den telefoon beluisterd. De opstelling van de instrumenten in het acustische kamertje was dezelfde gebleven als bij gebruik van den vorigen microphoon. Het bleek nu dat de stroomsterkte zoo zwak was, dat zij niet bij den galvanometer kon afgelezen worden. Bijvoorbeeld bij 10.000 Ohms in de weerstandsbank ontstond er geen duidelijke dubbellijn van de snaar (bij een spanning van de snaar van  $55^0$  bleek volgens de tabel, de stroomsterkte die door de galvanometer-snaar ging, bij uitname tot den weerstand van 10.000 Ohms, nog minder dan  $\frac{1}{10^{-9}}$  ampère te bedragen).

Men las dus alleen af van de weerstandsbank, men telde n.l. het bedrag van het aantal weerstandsknoppen die men uit de bank nam, samen.

De EDELMANN'sche microfoon is uiterst gevoelig en geeft zeer zwakke geluiden nog duidelijk weer. Bij de hooge tongpijpen was hij beter te gebruiken dan de vorige microfoon, daar hij geen bijgeruischen opleverde.

De tongpijpen werden door de soufflerie aangeblazen, behalve de hooge tongpijpen van  $c_4$  tot  $f_4$ ; deze bleken niet meer geschikt te zijn, daar de kracht van de soufflerie te gering was. Ze werden daarom maar weggelaten.

Ook bleken enkele tongpijpen bij aanblazen, een anderen toon te geven bij de Schwelle dan bij grootere intensiteit, hetgeen zeer lastig werd bij 't waarnemen.

De tonen nu, die bij 't experimenteeren met verschillende intensiteit onzuiver waren, of boventonen opleverden, werden in de proefreeks weggelaten.

Proeven genomen met EDELMANN'S microfoon.

|                          | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|--------------------------|--|--|
| $c_3 = 1035$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 1 Ohm.      | 8  | 64.17                                      |
| 100 Ohms.                | 22   | 26.9                                       |
| 1000 Ohms.               | 20 à 22                                      | 28.9                                       |
| $d_3 = 1161$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 5 Ohms.     | 7 à 8  | 76.6                                       |
| 100 Ohms.                | 20   | 34.8                                       |
| 1000 Ohms.               | 25   | 24.38                                      |
| $e_3 = 1304$ trillingen. |  |  |
| Schwelle bij 1 Ohm.      | 7  | 86.06                                      |



|            | Valhoogte van<br>den slinger<br>(in graden.) | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|------------|--|--|
| 100 Ohms.  | 18   | 44.3                                       |
| 1000 Ohms. | 20   | 39.12                                      |

$$f_3 = 1381 \text{ trillingen.}$$

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 9  | 81.4 |
| 100 Ohms.           | 22 | 35.9 |
| 1000 Ohms.          | 18 | 46.9 |

$$g_3 = 1550 \text{ trillingen.}$$

|  |    |      |
|--|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm (hier was de<br>Schwelle iets te hard). | 12 | 75.9 |
| 100 Ohms.  | 19 | 49.6 |
| 1000 Ohms.   | 21 | 43.4 |

$$a_3 = 1740 \text{ trillingen.}$$

|                       |    |       |
|-----------------------|----|-------|
| Schwelle bij 10 Ohms. | 10 | 95.7  |
| 100 Ohms.             | 23 | 41.76 |
| 1000 Ohms.            | 25 | 36.5  |

$$h_2 = 977 \text{ trillingen.}$$

|                      |    |      |
|----------------------|----|------|
| Schwelle bij 6 Ohms. | 10 | 53.7 |
| 100 Ohms.            | 23 | 23.4 |
| 1000 Ohms.           | 25 | 20.5 |

$$d_2 = 581 \text{ trillingen.}$$

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 6  | 38.9 |
| 100 Ohms.           | 23 | 15.1 |
| 1000 Ohms.          | 22 | 13.9 |

$$f_2 = 691 \text{ trillingen.}$$

|                      |    |      |
|----------------------|----|------|
| Schwelle bij 6 Ohms. | 8  | 42.8 |
| 100 Ohms.            | 27 | 11.7 |
| 1000 Ohms.           | 25 | 14.5 |

Valhoogte van  
den slinger  
(in graden).      Aantal trillingen,  
dat gehoord  
werd.

$e_2 = 652$  trillingen.

|                      |    |       |
|----------------------|----|-------|
| Schwelle bij 6 Ohms. | 6  | 43.6  |
| 100 Ohms.            | 22 | 16.9  |
| 1000 Ohms.           | 26 | 12.38 |

$d_2 = 581$  trillingen.

|                      |    |      |
|----------------------|----|------|
| Schwelle bij 4 Ohms. | 6  | 38.9 |
| 100 Ohms.            | 23 | 13.9 |
| 1000 Ohms.           | 24 | 13.3 |

$c_2 = 517$  trillingen: praevaleeren van den eersten boventoon  
van octaaf, bij Schwelle.

$h_1 = 488$  trillingen.

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 11 | 26.88 |
| 100 Ohms.           | 19 | 16.54 |
| 1000 Ohms.          | 22 | 13.4  |

$a_1$  praevaleeren van octaaf;  $a_1$  aantal trillingen = 445.

$g_1 = 388$  trillingen.

|                      |                 |      |
|----------------------|-----------------|------|
| Schwelle bij 2 Ohms. | 7               | 25.6 |
| 100 Ohms.            | $22\frac{1}{2}$ | 9.7  |
| 1000 Ohms.           | 26              | 6.87 |

$f_1$  onzuiver.

$e_1$  praevaleeren van octaaf.

$d_1$  praevaleeren van octaaf.

$c_1 = 259$  trillingen.

|                      |    |       |
|----------------------|----|-------|
| Schwelle bij 6 Ohms. | 9  | 14.28 |
| 100 Ohms.            | 23 | 6.2   |
| 100 Ohms.            | 24 | 5.9   |

$a = 218$  trillingen.

|                      |    |       |
|----------------------|----|-------|
| Schwelle bij 3 Ohms. | 10 | 11.99 |
| 100 Ohms.            | 23 | 5.2   |
| 1000 Ohms.           | 24 | 5.01  |

$g = 194$  trillingen.

|                      | Valhoogte van<br>den slinger,<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|----------------------|---|--|
| Schwelle bij 8 Ohms. | 10  | 10.87                                      |
| 100 Ohms.            | 20  | 5.8  |
| 1000 Ohms.           | 22  | 5.04                                       |

$f = 173$  trillingen.

|                      |    |      |
|----------------------|----|------|
| Schwelle bij 7 Ohms. | 9  | 10.2 |
| 100 Ohms.            | 17 | 6.19 |
| 1000 Ohms.           | 19 | 5.5  |

$e = 163$  trillingen.

|                      |    |      |
|----------------------|----|------|
| Schwelle bij 4 Ohms. | 12 | 7.98 |
| 100 Ohms.            | 21 | 4.56 |
| 1000 Ohms.           | 22 | 4.2  |

$d = 145$  trillingen.

|                      |    |      |
|----------------------|----|------|
| Schwelle bij 3 Ohms. | 13 | 7.67 |
| 100 Ohms.            | 20 | 4.35 |
| 1000 Ohms.           | 21 | 4.   |

$c = 129$  trillingen.

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| Schwelle bij 1 Ohm. | 10 | 7.09 |
| 100 Ohms.           | 17 | 4.6  |
| 1000 Ohms.          | 18 | 4.38 |

$H = 122$  trillingen.

|                      |    |     |
|----------------------|----|-----|
| Schwelle bij 3 Ohms. | 11 | 6.3 |
| 100 Ohms.            | 19 | 3.9 |
| 1000 Ohms.           | 18 | 4.1 |

Aantal trillingen = 109.

|                      |    |      |
|----------------------|----|------|
| Schwelle bij 6 Ohms. | 13 | 5.01 |
| 100 Ohms.            | 23 | 2.6  |
| 1000 Ohms.           | 24 | 2.5  |

G aantal trillingen = 97.

|                       | Valhoogte van<br>den slinger,<br>(in graden). | Aantal trillingen,<br>dat gehoord<br>werd. |
|-----------------------|---|--|
| Schwelle bij 17 Ohms. | 11  | 5.04                                       |
| 100 Ohms.             | 17  | 2.59                                       |
| 1000 Ohms.            | 18  | 3.29                                       |

De lagere tonen waren niet goed zuiver meer te hooren.

## HOOFDSTUK VII.

### **Bepaling van den tijd, gedurende welke het geluid gehoord wordt.**

Deze tijdsbepaling komt hier op neer.

Hoeveel tijd verloopt er gedurende de stroomsluiting?

Hoelang is de slinger in het kwikbakje?

Op twee manieren werd gepoogd, dezen korten tijd te berekenen:

1<sup>e</sup> langs photographischen weg;

2<sup>e</sup> volgens de methode van **POUILLET**.

Volgens de 1<sup>e</sup> methode, wordt de tijd op de volgende manier gemeten.

De slinger valt van bepaalde valhoogten, dus met varieerende snelheid, op de gewone wijze als bij het onderzoek in het acustisch kamertje.

Op het moment, dat de slinger het kwik aanraakt, geeft de galvanometersnaar, welke in de draadketen ingeschakeld is, een uitslag: op het oogenblik, dat de slinger het kwikbakje verlaat, keert de galvanometersnaar terug naar zijn evenwichtstand; de stroom is dan verbroken. Deze uitslag van de snaar in den galvanometer wordt nu gefotografeerd. Dit geschiedt als volgt. Een lenzenstelsel projecteert het licht van den krater van eene electrische booglamp van 10 Ampèren, op de snaar van een kleinen snaar-galvanometer, met permanent magneet. Een microscoop geeft een beeld van

de snaar op een horizontale spleet in een vierkant kistje. In het kistje bevindt zich eene ronddraaiende trommel, bespannen met lichtgevoelig papier. Wanneer de trommel ronddraait, beschrijft een tamboor van MAREY, die door door luchttransport is verbonden met een trillende stemvork van bekend aantal trillingen op het lichtgevoelig papier eene curve. Door nu den tijd uit te meten, die verloopt tusschen het uitslaan van de snaar en het weer terugkeeren tot zijn evenwichtstand, is dus de duur van het verblijf van den slinger in het kwikbakje bepaald.

#### TABEL.

| Valhoogte van den slinger (in graden). | Tijd van indompeling. |
|--|-----------------------|
| 30                                     | 0,016 sec.            |
| 25                                     | 0,027 sec.            |
| 20                                     | 0,030 sec.            |
| 15                                     | 0,045 sec.            |
| 10                                     | 0,051 sec.            |
| 5                                      | 0,080 sec.            |

De 2<sup>e</sup> methode geschiedde als volgt:

(Cyon Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen pag. 428, 1876).

„Hier wird die Zeit durch die Wirkung gemessen, welche eine während derselben wirkende Kraft von bekannter Grösse hervorzubringen im Stande ist. Als solche Kraft wurde der elektrische Strom benutzt, und zwar die Schwingungen abgelesen, in welche er einen von ihm umkreisten Magnet versetzt. Der zu messende Vorgang schliesst bei seinem Entstehen und öffnet bei seinem Verschwinden einen electrischen Strom der einen aufgehängten Magnet umkreist. Mit einem Fernrohr werden

während diezer Zeit die Schwingungen des Magnets beobachtet, und aus denselben die Zeit bestimmt, während welcher der Strom auf ihn eingewirkt hat".

In een draadklos is een magneet opgehangen, waarin zich een spiegeltje bevindt. Gedurende den tijd dat de stroom gesloten is, wijkt de magneet uit en ook het spiegeltje dat zich daarin bevindt, en wel zoodanig, dat de graad van uitwijking evenredig is met den tijd van stroomsluiting. Om deze uitwijking te meten wordt in bovengenoemd spiegeltje een daarvoor geplaatst lichtbeeldje geworpen. Tegelijkertijd wordt in dit spiegeltje gereflecteerd eene daarvoor opgestelde schaal. Wanneer nu het spiegeltje zich beweegt, kan men den graad van uitwijking, door een daarvoor opgestelde verrekijker, in het spiegeltje aflezen. Bij het sluiten van den stroom wijkt het spiegeltje in den magneet uit; uit den graad van uitwijking (afleesbaar in deelstrepen op de schaal) kan men het gesloten zijn van den stroom aflezen, dus ook den tijd berekenen, gedurende welken de slinger in het kwikbakje zich bevindt.

Zoo werden de volgende waarden gevonden.

Bij weerstand van 12000 Ohms krijg ik met een droogelement een nauwkeurig afleesbaren uitslag op de schaalverdeeling.

Bij minder weerstand wordt de uitslag te groot.

| Valhoogte van den slinger (in graden). | Afwijking in schaaldeelen.             |
|--|--|
| 30                                     | 4. 3.75. 375 3.5 gemiddeld 3.75        |
| 25                                     | 5: 6; 5,5; 6; 5,5; 5,5 gemiddeld 5.6   |
| 15                                     | 10; 10; 11; 11; 11; 11; gemiddeld 10,7 |
| 10                                     | 13,5; 13,5; 13,5; 13,5; gemiddeld 13,5 |
| 5                                      | 18; 19; 19; 20; 18; 20; gemiddeld 19.  |

Nu moet nog het aantal schaaldeelen in tijd omgezet worden.

Dit geschiedt als volgt:

In plaats van den slinger wordt de rheotoom-schijf van ENGELMANN ingeschakeld. Door een electricch gedreven motor wordt deze schijf zoodanig in beweging gebracht, dat zij 4 omwentelingen in de seconde maakt. Onder de rheotoomschijf is een kwikbakje van 11 mM. lengte aangebracht. In de rheotoomschijf zit een pin, die bij ronddraaien van de schijf over 11 mM. met het kwik contact heeft. Bij eene bepaalde snelheid van ronddraaien geschiedt eene omwenteling in  $\frac{1}{4}$  seconde: de omtrek van de schijf is 480.42 mM., dus de 11 mM. (de tijd gedurende welken de stroom gesloten is) worden afgelegd

$$\text{in } \frac{11}{480} \times \frac{1}{4} = \frac{11}{1920} \text{ seconde.}$$

Gedurende deze  $\frac{11}{1920}$  seconde geeft het spiegelkje een uitslag van gemiddeld 1.5 schaaldeel, dus 1.50 schaaldeel beantwoordt aan  $\frac{11}{1920}$  seconde, of 1 schaaldeel aan

$$\text{aan } \frac{11}{1920} \times \frac{2}{3} = \frac{11}{2880} \text{ seconde,}$$

Wanneer ik nu de schaaldeelen in tijd omzet, krijg ik de volgende waarden.

| Valhoogte van den slinger (in graden). | Tijd (Phot.) | Tijd (Pouillet). |
|--|--------------|------------------|
| 30                                     | 0.016 sec.   | 0.014 sec.       |
| 25                                     | 0.027 "      | 0.021 "          |
| 20                                     | 0.030 "      | 0.030 "          |
| 15                                     | 0.045 "      | 0.041 "          |
| 10                                     | 0.051 "      | 0.050 "          |
| 5                                      | 0.080 "      | 0.073 "          |



Bij mijne berekening is de tijdsbepaling van POUILLET gevolgd, daar deze waarden het nauwkeurigst waren af te lezen.

De afgebeelde curve geeft twee lijnen, eene doorgetrokken lijn en eene gestippelde lijn. Deze gestippelde lijn stelt den geïnterpoleerden tijd voor.

## HOOFDSTUK VIII.

### Samenvatting.

Bij de proeven met orgelpijpen is gezocht naar het minimum-aantal trillingen in verband met de minimum-energie. Daar hier de energie maar in beperkten graad kon gewijzigd worden, waren de uitkomsten van veel minder waarde, dan bij mijne volgende proeven.

Bovendien was de Schwelle, die bij mijne latere profnemingen een zoo karakteristiek onderscheid tegenover de grootere geluidintensiteit opleverde, in dit geval niet te bepalen, daar het timbre van het geluid bij verzwakking van den toon eenigszins veranderde. Het minimum-aantal gehoorde trillingen, uit de orgelpijp-proeven voortvloeiend, was vrij groot.

| Aantal trillingen. |                |      |
|--------------------|----------------|------|
| C                  | 64 trillingen. | 13.4 |
| G                  | 96 "           | 19.6 |
| c                  | 128 "          | ?    |
| g                  | 192 "          | 32.6 |
| c <sub>1</sub>     | 256 "          | 30.7 |
| g <sub>1</sub>     | 384 "          | 42.2 |
| e <sub>2</sub>     | 512 "          | 51.2 |

Het meest stemt hiermede overeen, het resultaat verkregen in de proeven van RUDOLF BODE en zelfs vrij be-

vredigend, wanneer men rekening houdt met een door ons beiden gevoeld bezwaar. Bij alle onderzoekingen, zoowel die van BODE als de overigen, bleek regelmatig eene groote moeilijkheid op te treden n.l.; wanneer hoort men de toon als zoodanig. De overgang van geruisch tot zuiveren toon is zeer geleidelijk. In mijne proeven heb ik zooveel mogelijk gestreefd naar het hooren van een zuiveren toon, zonder bijgeruischen of boventonen. Dat zulk een subjectieve maatstaf echter verschillende uitkomsten moet opleveren, kan ons niet verwonderen. De leeftijd van den persoon die de waarnemingen doet, zal hierop veel invloed hebben.

De 2<sup>e</sup> reeks van proeven, genomen met electricch gedreven stemvorken, leverde betrekkelijk weinig verschil op, wat betreft het hooren van het minimum aantal trillingen. Want wanneer we zien, dat het aantal trillingen varieert van 28 tot 35 en de intensiteit wisselt van 28 microns tot 15 deelstreepjes tusschen de bases van de figuurtjes (dus een zes en dertig maal zoo groote intensiteit van het geluid), dan kan dit geen noembaar verschil in de te hooren geluidstrillingen opleveren.

De methode van experimenteeren leek me zeer juist. Hier toch kon men direkt van het geluidgevend voorwerp, de intensiteit aflezen en niet zooals bij de andere proeven indirekt, door den snaar-galvanometer of weerstandsbank. Dat ik niet verder mijne onderzoekingen met deze stemvorken doorgezet heb, kwam doordat de microfoon, n.l. die van BLAKE, die gebruikt werd, nog niet volmaakt genoeg was. Ook bezwaarlijk was het, dat steeds door twee personen met volkomen gelijktijdige waarnemingen moest geexperimenteerd worden. Ik geloof dat bij verdere onder-

zoekingen, deze methode, goede resultaten zal kunnen opleveren, indien men daarbij gebruik maakt van meer moderne microphonen.

Als 3<sup>e</sup> proefreeks gebruikte ik den sinus-inductor, die een telephoon in trillende beweging hield. Het trillende telephoonplaatje bracht den toon teweeg, de intensiteit van het geluid werd door de weerstandsbank gewijzigd. Hier trad voor het eerst duidelijk het verschijnsel op, dat voor de Schwelle een veel langeren tijd noodig is, dus veel meer trillingen noodig waren om een toon te hooren, dan bij matig sterk of zeer sterk geluid; dat verder bij matig sterk geluid de versterking van de intensiteit, tot 10 maal toe, geen merkbaar verschil in tijdsduur van hooren opleverde. De tonen waren niet altijd geheel zuiver; dikwijls waren er bijgeruischen, die waarschijnlijk in den telephoon zelf ontstonden, aanwezig.

Als 4<sup>e</sup> proefreeks nam ik harmoniumtongen. Hierbij werd de tongpijp aangeblazen met de soufflerie en beluisterd in den telephoon met microphoon van BLAKE, in de 5<sup>e</sup> reeks met den meer gevoeligen microphoon van EDELMANN. Hier was het geluid helder en sterk en leverden de meeste tongen een zuiveren toon.

Ook bij deze proefreeks trad uiterst duidelijk de eigenaardigheid aan het licht, dat bij de Schwelle meer tijd noodig is, dus meer trillingen op het gehoor moesten inwerken, om toonsgewaarwording op te wekken, dan bij grootere intensiteit; verder dat bij matig sterk en bij zeer sterk geluid, geen merkbaar verschil in tijd optrad. Bovendien stijgt het aantal benodigde trillingen bij de toename van de toonshoogte.

## HOOFDSTUK IX.

### Resultaten verkregen met den microfoon van Blake.

|                      | Aantal trillingen,<br>bij zeer<br>sterk geluid. | Aantal trillingen,<br>bij matig<br>sterk geluid. | Aantal trillingen,<br>bij de<br>Schwelle. |
|----------------------|---|--|---|
| G-1 = 48             | 1.8   | 1.7  | 3.2                                       |
| A-1 = 54             | 2.6   | 2.6  | 3.4                                       |
| H-1 = 61             | 2.9   | 2.8  | 4.4                                       |
| D = 73               |   | 3.5  | 5.3                                       |
| E = 82               | 2.7   | 3.1 I  | 6   |
| F = 86               | 3.8   | 3.7  | 6   |
| G = 97               | 4.2   | 4.5  | 6 I                                       |
| A = 109              | 4.4   | 4.7  | 7.6                                       |
| H = 122              | 4.9   | 5.2  | 7.9                                       |
| c = 129              | 5.2   | 6.3  | 7.1                                       |
| d = 145              | 5.8   | 5.8  | 9.7                                       |
| e = 163              | 6.5   | 7  | 10.9                                      |
| f = 173              | 6.9   | 6.5  | 11.4                                      |
| g = 194              | 7.8   | 7.4  | 13  |
| a = 218              | 9.4   | 9.9  | 15.9                                      |
| h = 244              | 9.8   | 8.8  | 16.3                                      |
| c <sub>1</sub> = 259 | 9.6   | 8.8  | 16.8                                      |
| d <sub>1</sub> = 290 |   | 9.8  | 21.2                                      |
| e <sub>1</sub> = 326 | 10.4  | 10.8   | 21.5                                      |
| f <sub>1</sub> = 345 | 11  | 11   | 23.1                                      |
| g <sub>1</sub> = 388 | 17.7  | 20.2   | 29.8                                      |

|              | Aantal rillingen,<br>bij zeer<br>sterk geluid. | Aantal trillingen,<br>bij matig<br>sterk geluid. | Aantal trillingen,<br>bij de<br>Schwelle. |
|--------------|--|--|---|
| $a_1 = 435$  | 18.2   | 18.2   | 28.7                                      |
| $h_1 = 488$  | 19.5   | 19.5   | 32.2                                      |
| $c_2 = 517$  | 16   | 17.5   | 34.6                                      |
| $d_2 = 581$  | 20.9   | 20.9   | 37.2                                      |
| $e_2 = 652$  | 20.9   | 20.9   | 40.4                                      |
| $f_2 = 691$  | 23.5   | 23.5   | 42.8                                      |
| $g_2 = 775$  | 24.3   | 24.3   | 46.5                                      |
| $a_2 = 870$  | 26.9   | 24.5   | 53.9                                      |
| $h_2 = 977$  | 29.3   | 29.3   | 55.6                                      |
| $c_3 = 1034$ | 37.3   | 31.1   | 68.3                                      |
| $d_3 = 1161$ | 39.5   | 37.2   | 72  |
| $e_3 = 1305$ | 36.5   | 36.5   | 77  |
| $b_3 = 1381$ | 38.7   | 36.9   | 85.6                                      |
| $g_2 = 1550$ | 49.6   | 49.6   | 96.1                                      |
| $a_3 = 1740$ | 52.2   | 62.6   | 116.6                                     |
| $h_3 = 1953$ | 78.1   | 83.9   | 130.8                                     |
| $c_4 = 2069$ | 71.3   | 71.3   | 136.5                                     |

**Resultaten verkregen met den microfoon  
van Edelmann.**

|              |      |      |      |
|--------------|------|------|------|
| $a_3 = 1740$ | 36.5 | 41.8 | 95.7 |
| $g_3 = 1550$ | 43.4 | 49.6 | 75.9 |
| $f_3 = 1381$ | 46.9 | 35.9 | 81.4 |
| $e_3 = 1304$ | 39.1 | 44.3 | 86   |
| $d_3 = 1161$ | 24   | 34.8 | 76.6 |
| $c_3 = 1035$ | 28.9 | 26.9 | 65   |
| $h_2 = 977$  | 20.5 | 23.4 | 54   |
| $a_2 = 870$  | 29.5 | 18.2 | 60.9 |
| $g_2 = 775$  | 19.3 | 18.6 | 54.2 |
| $f_2 = 691$  | 14.5 | 12   | 43   |

|             | Aantal trillingen,<br>bij zeer<br>sterk geluid. | Aantal trillingen,<br>bij matig<br>sterk geluid. | Aantal trillingen,<br>bij de<br>Schwelle. |
|-------------|---|--|---|
| $e_2 = 652$ | 12.4  | 16.9   | 44  |
| $d_2 = 581$ | 13.3  | 13.4   | 39  |
| $c_2 = 517$ | 13.4  | 16.5   | 26.8                                      |
| $h_1 = 488$ | 12.6  | 15.6   | 25.3                                      |
| $g_1 = 388$ | 7   | 9.3  | 25.6                                      |
| $c_1 = 259$ | 5.9   | 6.2  | 14.3                                      |
| $d_0 = 218$ | 5   | 5.2  | 12  |
| $g_0 = 194$ | 4.8   | 5.8  | 10.9                                      |
| $b_0 = 173$ | 5.5   | 6.2  | 10.2                                      |
| $e_0 = 163$ | 4.2   | 4.6  | 8   |
| $d_0 = 145$ | 4   | 4.4  | 6.7                                       |
| $c_0 = 129$ | 4.3   | 4.6  | 8.5                                       |
| $H = 122$   | 4.1   | 3.9  | 6.3                                       |
| $A = 109$   | 2.5   | 2.6  | 5.01                                      |
| $G = 97$    | 3.3   | 3.4  | 5   |

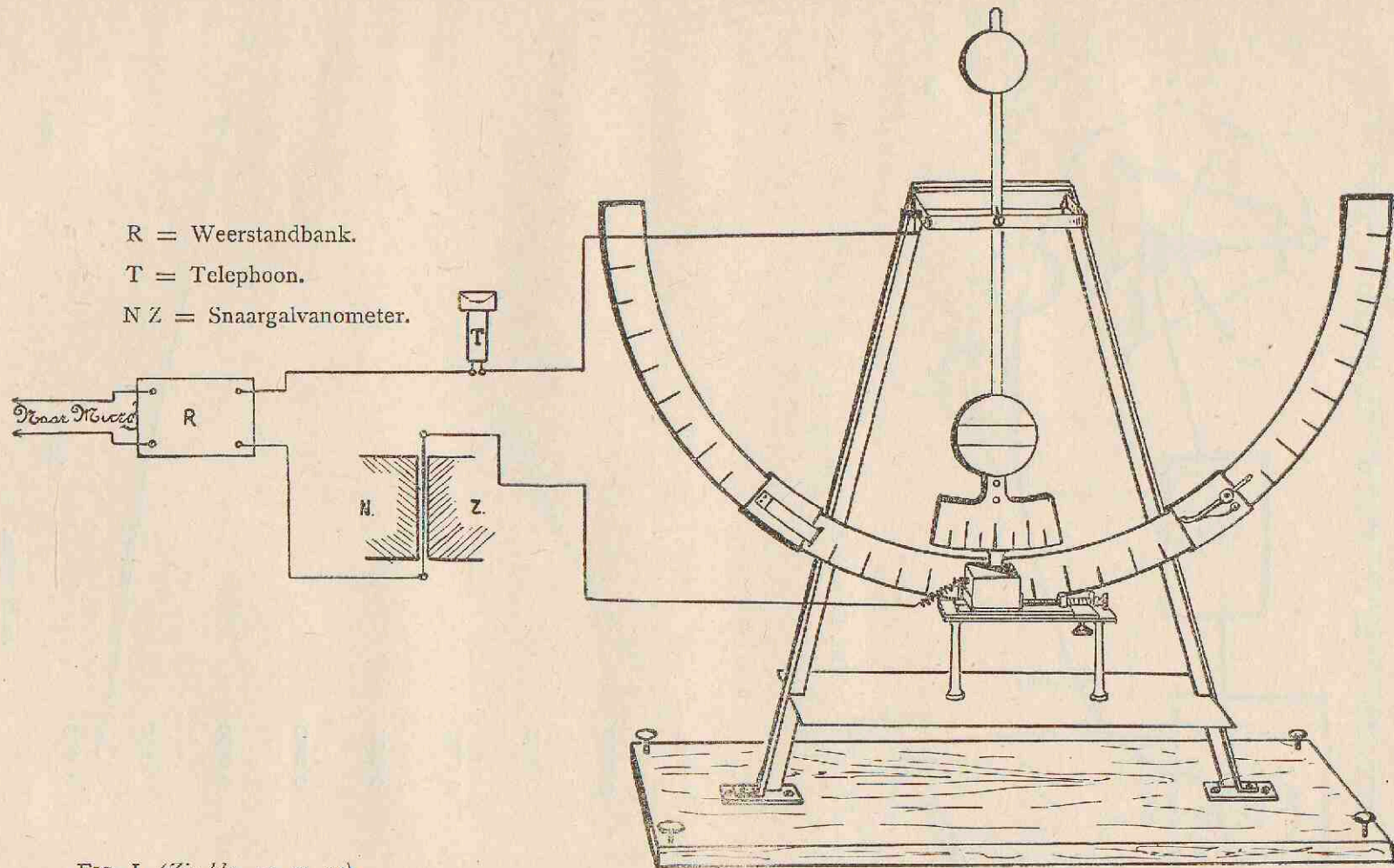


FIG. I. (Zie blz. 43 en 44).



## TEEKENING DER UITWIJKING DER SCHAALBEPALING.

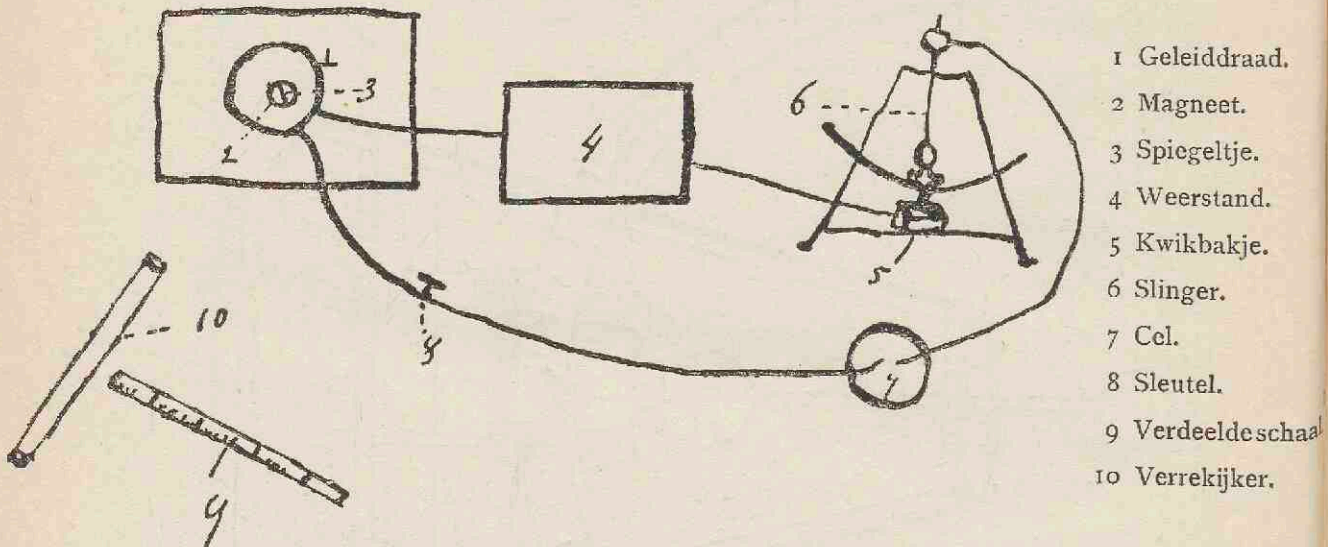
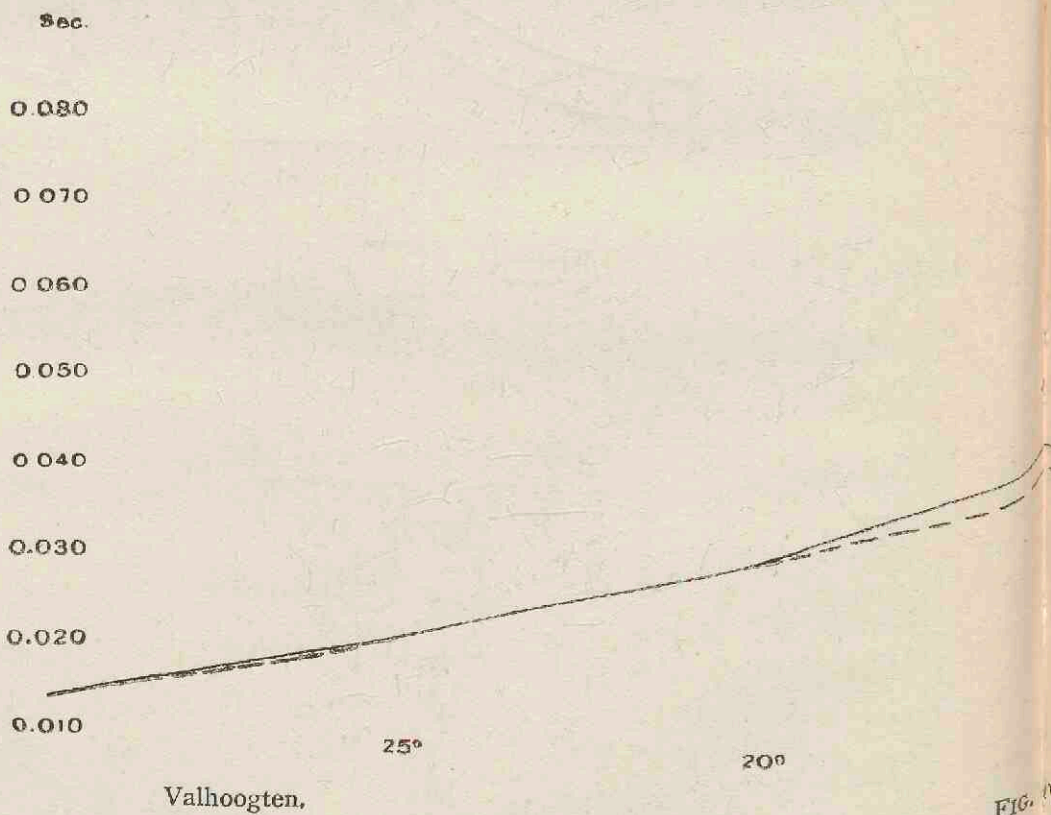
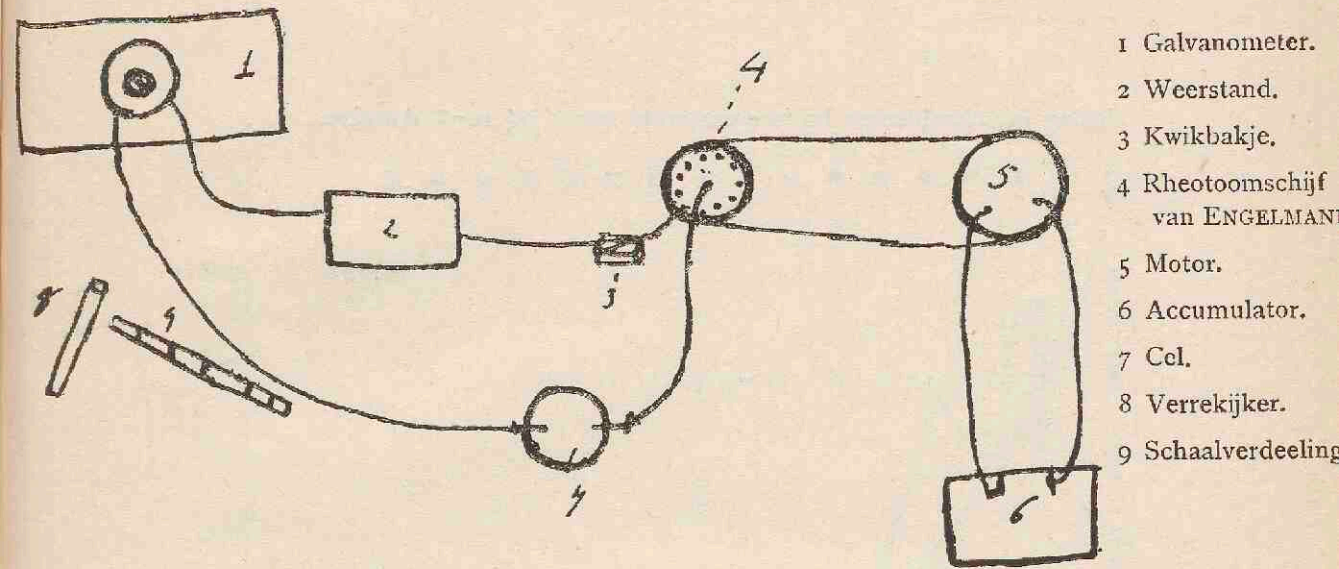


FIG. II. (Zie blz. 6a).

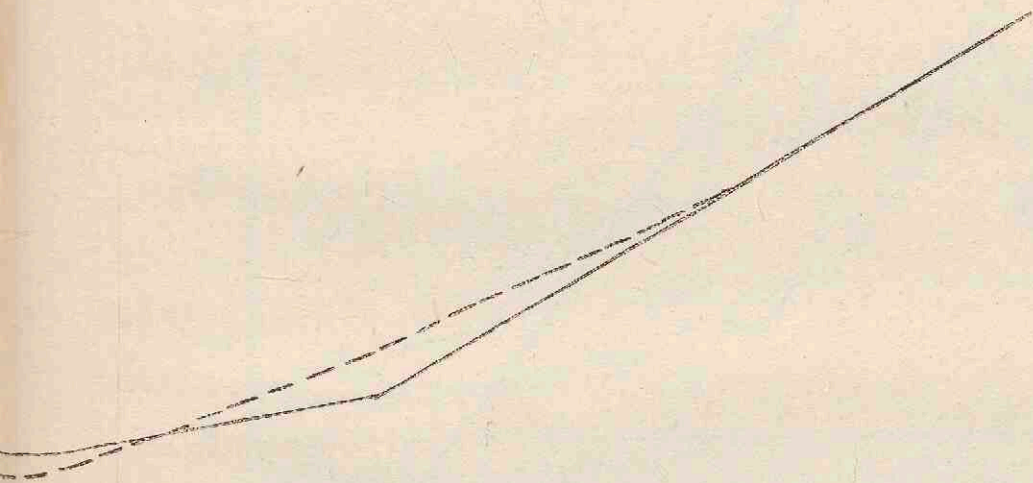


## TEEKENING DER OMZETTING VAN SCHAALDEELING IN TIJD.



- 1 Galvanometer.
- 2 Weerstand.
- 3 Kwikbakje.
- 4 Rheotoomschijf van ENGELMAN.
- 5 Motor.
- 6 Accumulator.
- 7 Cel.
- 8 Verrekijker.
- 9 Schaalverdeeling.

FIG. III. (Zie blz. 63).



15°  
10°  
5  
(Zie blz. 64).

Uitslag in schaaldeelen bij stroomsterkte van  $1 \times 10^{-7}$  Ampère.

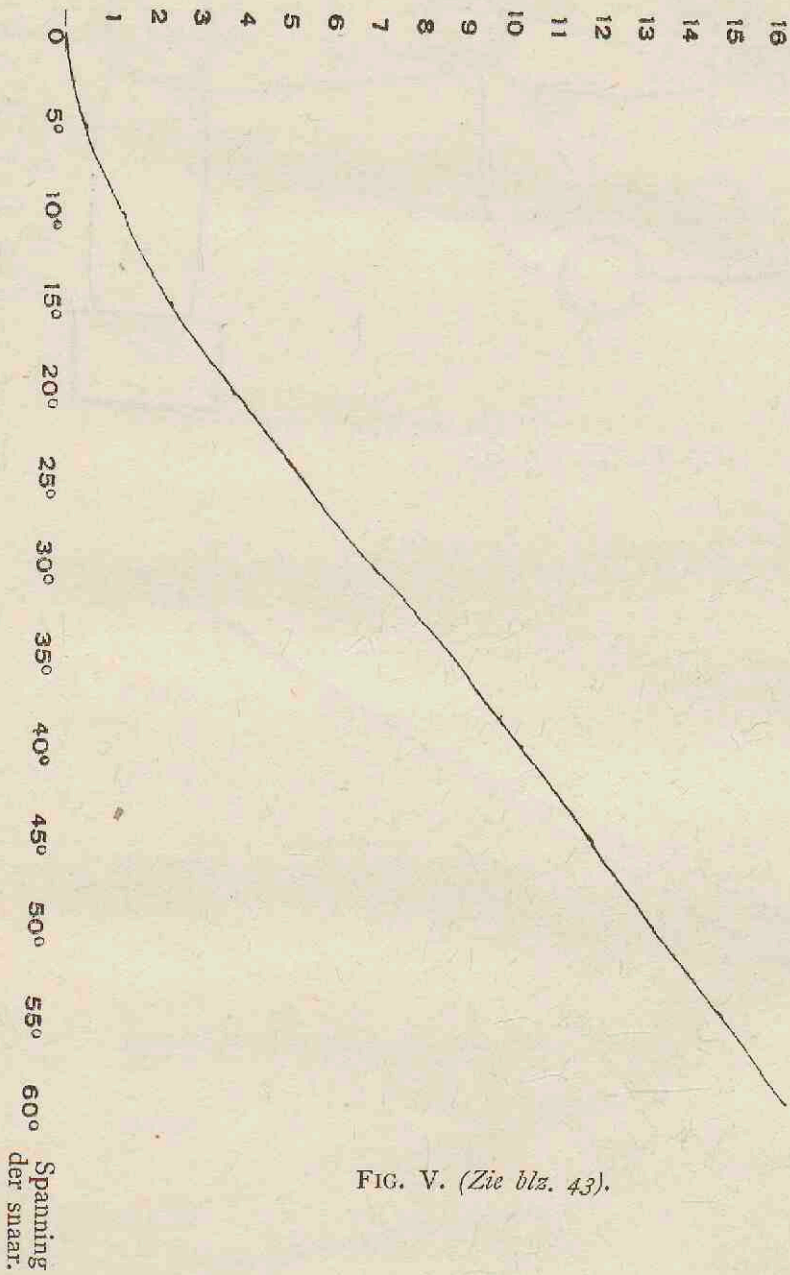
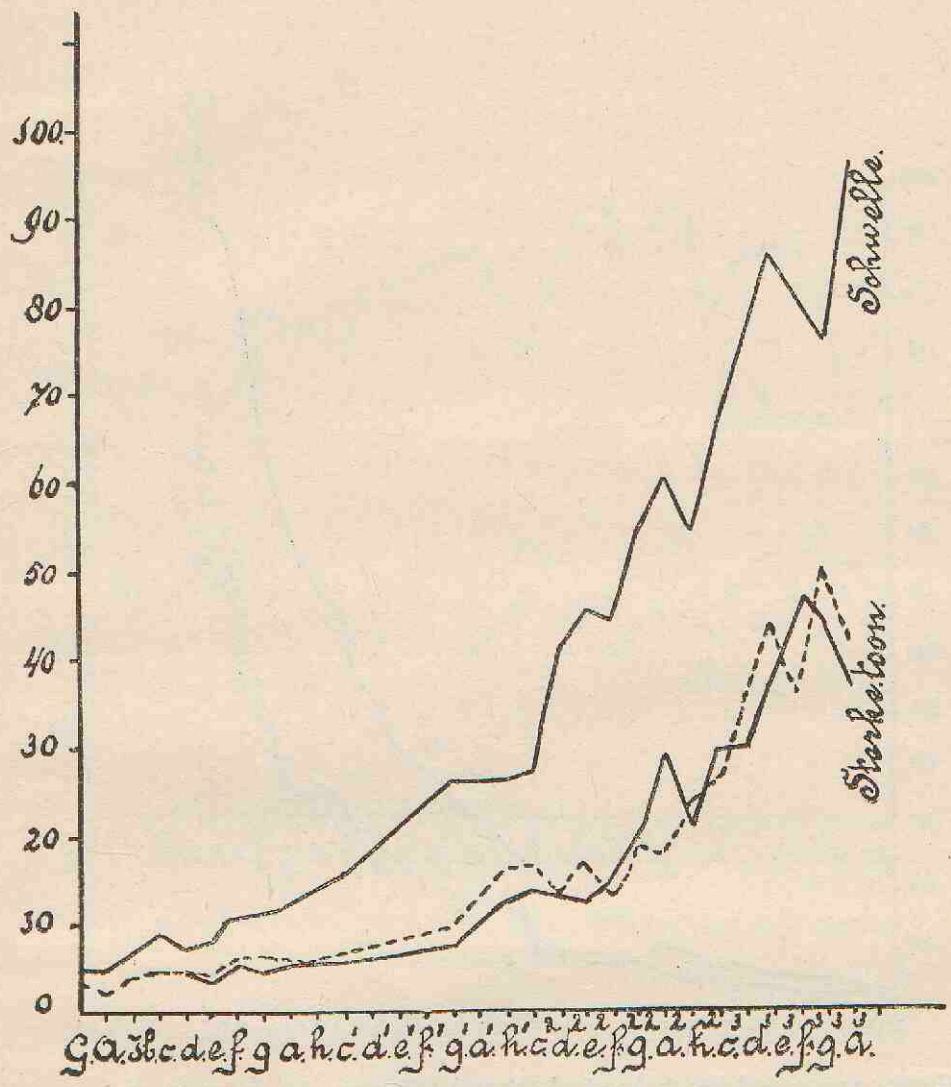


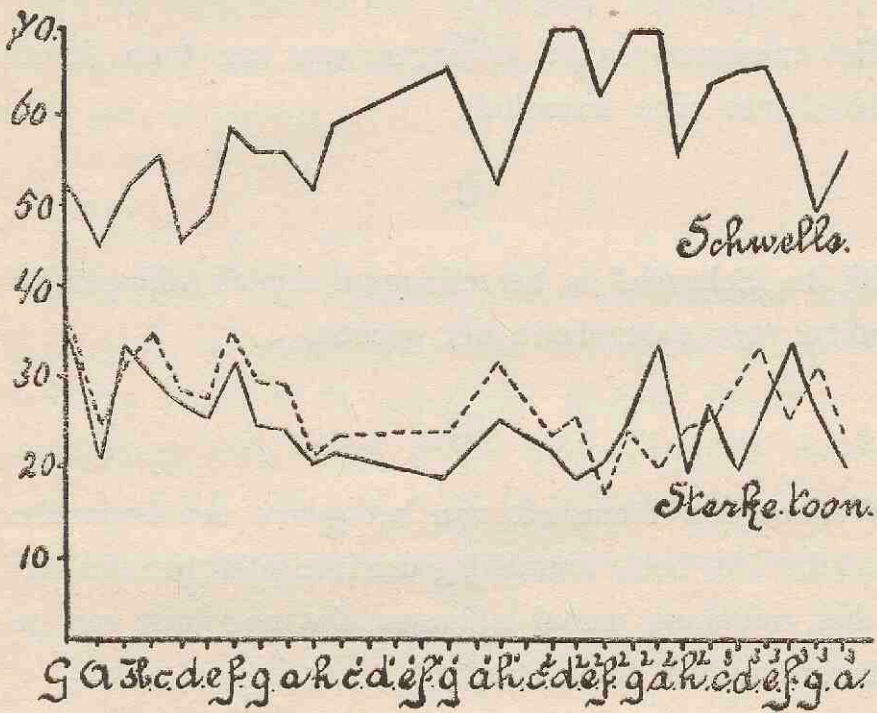
FIG. V. (Zie blz. 43).



Curve, aangevend het aantal trillingen van toon, beluisterd met den microfoon van EDELMANN.

FIG. VI. (Zie blz. 55 tot en met 59).





Tijden in milliseconden voor tonen beluisterd met den microfoon  
van EDELMANN.

FIG. VIII.

## STELLINGEN.

### I.

Het minimum aantal trillingen van een toon, houdt verband met zijne intensiteit.

### II.

Bij de „Schwelle” is het minimum aantal trillingen, benodigd voor toongehoor, het grootst.

### III.

Wanneer de intensiteit van het geluid een bepaalden graad bereikt, heeft versterking van intensiteit, geen invloed op het minimum aantal trillingen, dat nog juist een gewaarwording van toon verschaft.

### IV.

Bij acustische waarnemingen is het noodzakelijk te experimenteren, in een bij benadering geluidsvrij kamertje.

### V.

Het symphoon van de leucopenie, is van groote waarde voor het stellen eener vroegtijdige diagnose van typhus abdominalis.

## VI.

Alvorens bij dacryocystitis over te gaan tot traanzak-extirpatie, passe men eerst de permanente drainage van het traankanaal toe, door middel van een zijden draad.

## VII.

Bij de behandeling der congenitale nierdystopie, behoort de nephrectomie, wanneer de nier gezond is, een ultimum refugium te blijven.

## VIII.

Aanstelling van Staatswege van gerechtelijke geneeskundigen, bij uitsluiting belast met de sectie in haren geheelen omvang, in geval van misdrijf, en op wie de verplichting rust, deze sectie met een ander medicus, zoo mogelijk dengen, die den verslagene voor het overlijden gekend heeft, te verrichten, is wenschelijk.

## IX.

Uit een medisch oogpunt beantwoordt de ongevallenwet in het algemeen niet aan haar doel, n.l. het behartigen van het belang van den getroffene.

## X.

De vorm van larynx-tuberculose, die zich uit in infiltratie der stembanden of der zijwanden van den larynx, behandel men niet met ets-middelen doch met den spitsen galvanocaustischen brander.



## XI.

Bij hypertrophia concharum, neme men de concha niet weg, doch verkleine haar.

## XII.

De bronchoscopie geve in de long-chirurgie den weg aan.

## XIII.

Bij incarceratio uteri gravidæ retroflexi ledige men de overvulde blaas niet snel in eenmaal.

## XIV.

Bij moreele defecten moet, wanneer het intellect goed ontwikkeld is, de ontoerekenbaarheids-verklaring tot groote uitzondering behooren.

---







