

# OVER DE SNELHEID VAN PSYCHISCHE PROCESSEN,

DOOR

F. C. DONDERS.

---

Terwijl de wijsbegeerte zich in het afgetrokkene bezig houdt met de beschouwing der psychische verschijnselen, heeft de physiologie, beschikkende over de resultaten der wijsbegeerte, het verband tusschen die verschijnselen en de werking der hersenen te onderzoeken. Op morphologisch gebied springt dat verband terstond in het oog. Tegenover de bekende feiten van vergelijkende anatomie en anthropologie, is elke twijfel omtrent het bestaan van zoodanig verband onhoudbaar. Maar de physiologie kan zich met dat algemeene resultaat niet tevreden stellen. In combinatie met de stoornissen, bij ziekelijke veranderingen waargenomen, tracht zij door het experiment de onderscheidene psychische faculteiten zoo veel mogelijk te localiseeren, en vooral den aard der werking, die de psychische verschijnselen vergezelt, op het spoor te komen. Met het onderzoek van den fijneren bouw der hersenen verbindt zij daarom dat van de scheikundige samenstelling en van de omzetting harer bestanddeelen. Zij constateert, dat bij bloedverlies of onderdrukte hartswerking het bewustzijn verloren gaat, zij leert daaruit, dat regelmatige toevoer van bloed een voorwaarde is voor

psychische processen, en zij besluit, dat aan het hersenleven stofwisseling ten gronde ligt. Zij overtuigt zich nu verder, dat, evenals in andere organen, het bloed bij de voeding der hersenen een verandering ondergaat, en vindt, bij vergelijking van het in- en uittredende bloed, dat zuurstof verbruikt, koolstofzuur gevormd en warmte ontwikkeld wordt. Zij weet, dat die warmte kan ontstaan zijn uit andere vormen van arbeidsvermogen, bijv. uit electro-motorische werking, die zij mag postuleeren in de hersenen, na in de morphologisch en chemisch daarmede overeenkomstige zenuwen haar bestaan te hebben aangetoond. Zij stelt zich verder ten doel, door voortgezet onderzoek alle phasen van het chemisch proces in de levende hersenen op te sporen, en de reeks van transformaties, die met het chemisch arbeidsvermogen begint en met warmte eindigt, op den voet te volgen. En overtuigd, dat de verschijnselen slechts door meten en wegen tot wetten kunnen worden teruggebracht, zal zij niet rusten, vóór ze, met den aard, de quantiteit der omzetting en der omgezette stoffen zal hebben bepaald en daarin het aequivalent voor de onderscheiden vormen van arbeidsvermogen zal gevonden hebben.

Maar zal ooit de psychische werking in de keten der zich transformeerende krachten kunnen worden opgenomen? Zoo ver we inzien, bestaat daartoe geen uitzicht, hoegenaamd. Het wezen van alle vormen van arbeid en arbeidsvermogen, die we kennen en meten, is beweging of voorwaarde van beweging, en niemand kan zich een voorstelling maken, hoe uit beweging, op welke wijze ook gecombineerd, bewustzijn of eenigerlei psychische werking zou kunnen geboren worden. Psychische werking is, zooals wij ze in de eerste plaats in ons zelve waarnemen, in vorm en wezen volkomen eigenaardig. Nergens

vertoont ze een overgang of affiniteit tot andere natuurverschijnselen, en de wet van 't behoud van arbeidsvermogen, die, geldig voor alle bekende natuurkrachten, bij ieder onderzoek als leidend beginsel wordt aangenomen, is volstrekt buiten machte, de psychische verschijnselen onder hare heerschappij te brengen. Immers, daargelaten hunne specifieke natuur, die hun ontstaan uit scheikundige spanning even ondenkbaar maakt als hunne transformatie in warmte- of electriche beweging, ze laten zich meten noch wegen, en we kennen voor gevoel, verstand of wil geen éénheid, waarmede ze zich in cijfers laten uitdrukken.

De vraag, die de physiologie zich heeft voor te leggen, is dan eenvoudig deze: wat geschiedt er in de hersenen, terwijl we gevoelen, denken en willen? — Men ziet gereedelijk in, dat deze formule niets praejudiciëert, zooals ze niets praejudiciëeren mag. Maar wij moeten ook erkennen, dat de algeheele beantwoording, dat is een volkomen kennis der hersenwerking, waarmede ieder psychisch proces zich verbindt, ons tot het begrijpen van *den aard* van het verband geen stap nader brengen zou. Eene verklaring der psychische verschijnselen, in den zin, waarin we verschijnselen verklaard noemen, ware slechts bereikbaar, wanneer ze tot eene algemeene wet, als die van 't behoud van arbeid, konden worden teruggebracht, en hiertoe schijnt, zooals we zagen, a priori de mogelijkheid afgesneden.

Maar is dan ten opzichte der psychische processen iedere quantitatieve behandeling uitgesloten? Geenszins! Een gewichtige factor scheen voor meting vatbaar: ik bedoel den tijd, die tot eenvoudige psychische processen wordt gevorderd. Voor de beslissing der vraag, of wij recht hebben, het in 't algemeen bewezen verband voor

bijzondere gevallen toe te passen, met andere woorden, of we mogen aannemen, dat aan de verscheidenheid van ieder bijzonder gevoel, van iedere bijzondere voorstelling, van iedere uiting van den wil eene absoluut corresponderende verscheidenheid in de werking der hersenen is verbonden, schijnt de bepaling van dien tijd niet zonder gewicht. Sedert langen tijd stelde ik mij voor, daartoe pogingen te doen. In de zitting der Koninklijke Academie van wetenschappen van 24 Junij 1865 gaf ik een overzicht der eerste, onder medewerking van den Heer de Jaager en van eenige andere leerlingen der Utrechtsche Hoogeschool, dienaangaande verkregen uitkomsten, die daarop uitvoeriger werden medegedeeld in de dissertatie van den Heer de Jaager: over den *physiologischen tijd der psychische processen*. Het denkbeeld tot deze proeven, zoo als trouwens de voorrede vermeldt, was van mij uitgegaan, de gevolgde methoden waren door mij aan de hand gegeven, en de proeven werden in het physiologisch laboratorium verricht en door mij bestuurd. Omstreeks denzelfden tijd gaf ik, met aanwijzing der methoden, een overzicht der verkregen uitkomsten in eenige populaire voordrachten, te Utrecht en elders gehouden. Eindelijk, in de sectie-vergadering voor natuur- en geneeskunde van het provinciaal Utrechtsch genootschap van 1866 vertoonde en beschreef ik twee werktuigen, bij mijne proeven gebruikt, den noëmatachograaf en den noëmatachometer. — Bij het voortzetten van het onderzoek hoopte zich intusschen het materiëel der proeven dermate op, dat tot behoorlijke bewerking de tijd mij ontbrak, en terwijl het uitzicht hierop ook thans niet gunstig is, ben ik te rade geworden, voorshands de hoofdzaken in beknopte vorm mede te deelen. Om het overzicht te vergemakkelijken, zullen verschillende punten, de methoden, de bijzondere resultaten, de berekeningen

enz. betreffende, aan het slot in afzonderlijke aantekeningen worden toegevoegd.

Nauwelijks 25 jaren geleden, werd de tijd, binnen welken geprikkelde zenuwen hare werking naar de hersenen en de hersenen hare bevelen naar de spieren overbrengen voor „oneindig klein” gehouden. Johannes Müller, wien onder de physiologen van zijn tijd de eerste plaats toekomt, noemde de voortplantingssnelheid in de zenuwen niet slechts onbekend, maar ging zoo ver, te voorspellen, dat de middelen, om die snelheid te vinden, ons wel altijd zouden ontzegd blijven. En zie, korten tijd daarna, in 1845, schetste du Bois-Reymond in algemeene trekken het plan tot zoodanige bepaling, en in 1850 reeds bracht Helmholtz ze tot uitvoering.

De methode was eenvoudig. Helmholtz irriteerde de spierzenuwen achtereenvolgens op twee punten, het ééne nabij, het andere op grooteren afstand van het intreden in de spier gelegen, en bepaalde voor beide gevallen den tijd, die er verliep, vóór de spier zich contraheerde. Het verschil in duur wees nu den tijd aan voor de geleiding in het tusschen de twee geïrriteerde punten gelegen zenuwstuk, en hiermede was de geleidingssnelheid bekend, die bleek niet meer dan 100 voet in de sekunde te bedragen. — 't Is een snelheid, die vogels in hunne vlucht overtreffen, die renpaarden nabijkomen en die onze hand bij de snelste bewegingen van den arm bereiken kan.

Dit resultaat was verkregen bij kikvorschen. Bij warmbloedige dieren, bij den mensch in 't bijzonder, was de gevolgde methode niet aanwendbaar. Hier sloeg Helmholtz een anderen weg in. Hij prikkelde de huid, achtereenvolgens op twee punten, het eene op kleineren, het andere op grooteren afstand van de herse-

nen gelegen, en reageerde op den ontvangen prikkel, in beide gevallen, zoo snel mogelijk met een bepaald signaal, een beweging bijv. der hand. Was hiermede de tijd, verloopende tusschen prikkel en signaal, voor de beide gevallen bekend, dan werd het verschil in tijd als geleidingsduur voor het verschil in lengte der gevoelszenuwen in rekening gebracht: door dit verschil toch alléén schenen de beide proeven zich te onderscheiden. En zoodoende werd bij den mensch een geleidingsnelheid van ongeveer 200 voet in de sekunde berekend, dat is genoegzaam het dubbele van de voor kikvorschzenuwen gevondene.

Gereedelijk ziet men in, dat de hier gevolgde onderzoekingswijze niet onberispelijk is. Vooreerst is het moeielijk, den prikkel op verschillende plaatsen der huid met gelijke kracht te doen inwerken, en bij verschil in kracht is de physiologische tijd gebleken niet meer dezelfde te zijn. Maar bovendien onderstelt de methode, dat de duur van het proces in de hersenen geheel onafhankelijk is van de plaats van prikkeling. A priori reeds is dit niet waarschijnlijk. Treedt men achtereenvolgens langs twee zijden in een kamer, om daar een en ander te verrichten, dan zal men, in de beide gevallen, wel niet juist binnen denzelfden tijd door een derde deur naar buiten komen. En blijkbaar wordt het verschil in oponthoud geheel op rekening gebracht van de voortplantingssnelheid. Het kan dus niet bevreemden, dat bij herhaling dier proeven, in hoofdzaak naar dezelfde methode, zeer uiteenloopende resultaten verkregen werden. Wij hebben deze trouwens niet te vermelden. Onlangs toch gelukte het, bij den mensch, op even eenvoudige en afdoende wijze als bij den kikvorsch, de voortplantingssnelheid te bepalen in een beweegzenuw, —

met algeheele uitsluiting derhalve van het psychisch proces in de hersenen. Het is al weder Helmholtz 1), die hier den rechten weg aanwees. Hij irriteerde de zenuwen der spieren van de muis van den duim achtereenvolgens aan den pols en boven de elleboogsplooi, terwijl voor 't overige elleboog, voorarm en hand onbeweeglijk in een gipskoker besloten waren: in beide gevallen contraheerden zich nu de gezegde spieren en konden de momenten van contractie met een hefboom op het myographion worden geregistreerd. De uitkomst, daarbij verkregen, is zeer bevredigend. Met zeer geringe afwijking werd, namelijk een voortplantingssnelheid gevonden van 33 meters in de sekunde, — dat is slechts een weinig meer dan bij kikvorsch-zenuwen.

Door deze directe bepaling nu zijn al de proeven, met inbegrip der hersenwerking op de gevoelszenuwen genomen, tot de historie verwezen, — en men weet, wat dit zeggen wil. Von Wittich 2) zou nog gaarne zijn wat grooter gevonden snelheid voor de gevoelszenuwen laten gelden. Maar het gaat niet: de overeenkomst van gevoels- en beweegzenuwen is in alle opzichten te volkomen, om de naar onzekere methoden gevonden geleidingssnelheid voor gene tegenover de zekere bepalingen van deze te handhaven. In hoeverre uit zoodanige proeven, die ik op verschillende personen in grooten getale verrichtte, in verband met het verschil der geïrriteerde plaats, een verschil in duur voor de hersengeleiding is af te leiden, zal ik wellicht nader onderzoeken.

Zoo is dan de voortplantingssnelheid in de zenuwen

1) Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 29 April 1867.

2) Zeitschrift f. ration. Medizin. 1868. XXXI. S. 112 u. f.

bekend en de voorspelling van Johannes Müller op schitterende wijze gelogenstraft. Opmerkelijk is het, dat de theorie den moed gaf, om zich aan de oplossing van het onoplosbaar genoemde problema te wagen. Uit de theoretische voorstelling: dat de voortplanting niet te beschouwen is als die eener voortschrijdende kracht of beweging, maar veeleer als een op ieder punt zich hernieuwend chemisch en daaraan verbonden electro-motorisch proces, — kwam men namelijk tot het vermoeden, dat de zenuwgeleiding niet zoo bijzonder snel zou wezen, en dat de kortheid der zenuwen geen absolute hinderpaal zou zijn voor empirische bepaling.

## I.

Zou nu ook de gedachte niet de oneindige snelheid hebben, die men daaraan pleegt te verbinden, en zou het mogelijk zijn den tijd te bepalen, die tot het vormen eener voorstelling of wilsbepaling wordt gevorderd?

Deze vraag hield mij sedert jaren bezig.

Boven beschreven wij de methode, tot het onderzoek der voortplantingssnelheid in de gevoelszenuwen gebruikt. In den tijd, die bij deze proeven verloopt tusschen prikkel en signaal, is ook een bepaald psychisch proces opgenomen. Hetzelfde geldt voor die proeven, waarbij de prikkel op een der andere zintuigen inwerkte. Hieromtrent werd het eerste vergelijkend onderzoek verricht door Hirsch, den bekenden astronoom van Neufchâtel. Den tijd, verloopende tusschen prikkel en signaal, noemde hij den *physiologischen tijd*, en bij gelijk signaal, bijv. eene beweging der hand, vond hij dezen het kortst na een prikkel op de huid (natuurlijk in de nabijheid der hersenen), langer na een prikkel op het gehoor, langer



nog na een prikkel op het gezicht. In 't algemeen werd door latere onderzoekers deze uitkomst bevestigd. Uit de gezamenlijke proeven, waaronder ook de door mij en mijne discipelen genomene, berekende ik voor de drie genoemde zintuigen: gevoel, gehoor en gezicht, den physiologischen tijd resp. op ongeveer  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{6}$  en  $\frac{1}{5}$  secunde.

Maar hoeveel behoort hiervan tot het eigenlijke psychische proces? Daaromtrent zijn we geheel in 't onzekere. In dien korten tijd moet er veel gebeuren. Volgen wij het proces van het moment van den prikkel tot dat van het signaal, zoo hebben wij te onderscheiden:

1°. de inwerking op de percipiërende elementen der zintuigen;

2°. de mededeeling aan de peripherische gangliëncellen en de tot ontlading gevorderde stijging (die „*Schwelle*“ van Fechner);

3°. de geleiding in de gevoelszenuwen tot de gangliëncellen der medulla;

4°. de stijgende werking in deze gangliëncellen;

5°. de geleiding naar de zenuwcellen van het orgaan van voorstelling;

6°. de stijgende werking in deze zenuwcellen;

7°. de stijgende werking der zenuwcellen van het wilsorgaan;

8°. de geleiding naar de zenuwcellen voor beweging;

9°. de stijgende werking in deze cellen;

10°. de geleiding in de beweegzenuwen tot aan de spier;

11°. de latente werking in de spier;

12°. de stijgende werking tot overwinning van den weêrstand van het signaal.

Het geheele proces kan afloopen in  $\frac{1}{5}$  secunde; als minimum werd zelfs  $\frac{1}{6}$  gevonden. De tijden nu, voor de afzonderlijke termen van het proces gevorderd, zijn niet

te bepalen. Alléén kunnen we de voortplantingssnelheid in de zenuwen ongeveer in rekening brengen: en dit leidt dan tot het resultaat, dat het psychisch proces van voorstelling en wilsbepaling korter duurt dan  $\frac{1}{10}$  sec., maar laat niet eens toe te beweren, dat het langer duurt dan 0. De waarheid is, dat deze proeven ons slechts de grenzen leeren kennen naar de zijde van het maximum, en omtrent die van het minimum geen uitsluitel geven, hoe genaamd.

Ik kwam nu op het denkbeeld, om in het proces van den physiologischen tijd nieuwe termen van psychische werking in te schuiven. Onderzocht ik, hoeveel de physiologische tijd hierdoor verlengd werd, dan zou, zoo oordeelde ik, de duur van den ingeschoven term daarmee bekend zijn.

In de boven geciteerde mededeeling aan de Koninklijke Academie van wetenschappen werden de eerste bepalingen dienaangaande medegedeeld (zie *Aanteekening 1*).

Bij de eerste reeks van proeven werden gelijke electroden geplaatst op de beide voeten. De inrichting was zoo getroffen, dat men, naar goedvinden (door kanteling eener Pohl'sche wip), op rechter of linker voet een electrischen slag kon toebrengen. — Nu werden de proeven op twee wijzen genomen: *a.* terwijl men wist, op welken voet de prikkel zou werken, waarbij men het signaal met de hand derzelfde zijde gaf; *b.* terwijl men niet wist, welke voet den prikkel zou ontvangen en ook gehouden was het signaal te geven met de hand der geprikkelde zijde. In 't laatste geval werd meer tijd geëischt dan in 't eerste, en het verschil vertegenwoordigde den tijd, die er noodig was, om zich voor te stellen, welke zijde werd geprikkelde, en om, in verband met die voorstelling, de werking van den wil rechts of links te bepalen. Voor

het overige was het geheele proces in beide gevallen gelijk. Het bleek, dat de aldus ingeschoven psychische werking, uit de gemiddelden berekend,  $\frac{1}{13}$  sec. eischte 1). Te voren was gevonden, dat het geven van het signaal met de linker hand 0,009 sec. langer duurde dan met de rechter, welk verschil werd in rekening gebracht.

Dit was de eerste bepaling van den duur van een wel omschreven psychisch proces. Het gold de beslissing van een dilemma en eene werking van den wil, beantwoordende aan die beslissing.

Hetzelfde onderzoek werd toegepast bij werking der prikkels op het zintuig van 't gezicht. Hier werd de physiologische tijd bepaald bij eenvoudige reactie op licht, en bij differentiële reactie op rood en op wit licht. Bij de laatste proeven moest voor rood licht het signaal met de rechter hand, voor wit licht met de linker gegeven worden. De beslissing van het dilemma en conform signaal bleek hier meer tijd te eischen dan bij de vorige proeven: gemiddeld voor 5 personen bedroeg hij 0,154 sec.; de kleinste gemiddelde was 0,122, bij den Heer Place; aan de grootste 0,184 maakte ik mij schuldig, die den dubbelen leeftijd had der overige waarnemers. Op de oorzaak van het verschil, bij prikkeling op de huid en bij prikkeling op het oog, komen wij later terug.

Bij deze proeven werd het signaal gegeven met een der handen. Later verrichtte ik nog een reeks van proeven, waarbij als prikkel zekere letterteekens óf ontbloomt, óf plotseling door een inductie-vonk verlicht werden, en het signaal in het uitspreken van den klank bestond: hier

---

1) Zie de Jaager, l. c. p. 21—32: de methode was nog niet nauwkeurig genoeg, om het verschil der minima te vertrouwen (verg. *Aant.* 2).



eischt het ingeschoven psychisch proces, uit de gemiddelden berekend, 0.166 ( $\frac{1}{6}$  sec.), uit de minima 0.124 ( $\frac{1}{8}$  sec.). — Deze methode leende zich nu verder tot proeven, waarbij niet uit twee, maar uit vijf vocaaltekens één moest worden herkend en als klank uitgesproken. Op die wijze heb ik niet minder dan 5 reeksen van waarnemingen op verschillende dagen verricht, en het bleek, dat, bij de ruimere keuze uit vijf, werkelijk iets meer tijd vereischt wordt, dan bij de keuze uit twee, namelijk 0.170, bij berekening uit de gemiddelden, 0.163 bij berekening uit de minima (*Aant.* 2).

Eindelijk werden dezelfde proeven verricht bij prikkeling op het oor. Hier bestond de prikkel in den klank van een vocaal, en het signaal was de herhaling derzelfde vocaal. — Twee personen A en B zitten hierbij voor de opening van den phonautograaf. Terwijl men den cilinder draait, stoot A een vocaal uit, en B heeft dien zoo snel mogelijk te herhalen. Voor beide is het begin der trilling op de lijn P fig. 1 te zien in *a* en *b*, en het tijdsverloop tusschen beide is uit de gelijktijdig geregistreeerde stemvorktrillingen S af te leiden. Deze proeven werden nu op twee wijzen genomen: *a.* terwijl men wist, welken vocaal-klank men zou te hooren krijgen, en eenvoudig met dien zelfden klank zoo snel mogelijk moest reageeren, *b.* terwijl men niet wist, welke vocaal men zou te hooren krijgen, en zich dus van den vocaalklank moest rekenschap geven, om dien als signaal te herhalen. In mijne eerste proeven met de

Jaager antwoordde ik bij bekenden klank *ki* gemiddeld in 0.180 sek., bij onbekenden in 0.268, hetgeen een verschil oplevert van 0.088; de Jaager verkreeg, bij vooral aanvankelijk grootere getallen, een gelijk verschil van 0.088. — Later in zeven reeksen, waarbij ik het signaal had te beantwoorden, vond ik voor bekenden klank gemiddeld 0.201 sec. ( $\frac{1}{5}$  sec.), voor onbekenden klank 0.284: dus een verschil van 0.083 sec. (ongeveer  $\frac{1}{12}$  sec.), en uit de minima berekend, werd dit verschil tot 0.067 sec. (ongeveer  $\frac{1}{15}$  sec.) gereduceerd. In vier andere reeksen, waarbij ik óf den vooraf bekenden, óf een uit *slechts twee* onbekenden te herhalen had, eischte de herhaling van den bekenden klank nog iets minder (0.184 sec.) en bedroeg de verlenging voor den onbekenden, bij berekening uit de gemiddelden, slechts  $\frac{1}{18}$  (0.056 sec.), bij berekening uit de minima  $\frac{1}{18}$  (0.0615 sec.).

Bij drie andere personen van verschillenden, in 't algemeen jeugdigen leeftijd, werd, in proeven met vijf vocaalklanken, bij onbekenden klank resp. eene verlenging van 0.088 sec., van 0.087 sec. en van 0.069 gevonden. Inderdaad, een merkwaardige overeenkomst!

Recapituleeren wij thans de verkregen resultaten, zoo blijkt, dat tot beslissing en conform signaal gevorderd wordt:

	Secunden.
1°. bij prikkel op de <i>Avind</i> , — dilemma, uit de gemiddelden berekend . . . . .	0.066
2°. bij prikkel op het <i>gezicht</i> :	
a. twee kleuren, dilemma, bij vijf personen, uit de gemidd. berekend . . . . .	0.184
	0.122
	0.159
	0.134
	0.172

	Secunden.
b. twee vocaal-teekens, dilemma, uit de gemidd. berekend . . . . .	0.166
uit de minima berekend . . . . .	0.124
c. vijf vocaal-teekens, uit de gemidd. berekend . . . . .	0.170
uit de minima berekend . . . . .	0.163
3°. bij prikkel op het <i>gehoor</i> :	
a. twee vocaal-klanken uit de gemidd. berekend . . . . .	0.056
uit de minima berekend . . . . .	0.0615
b. vijf vocaalklanken, bij mij zelven,	
vroeger, uit de gemidd. berekend . . . . .	0.088
later, " " " " . . . . .	0.083
" " minima " . . . . .	0.067
Idem bij vier andere personen,	
uit de gemidd. berekend . . . . .	0.088
" " " " . . . . .	0.069
" " " " . . . . .	0.087
" " " " . . . . .	0.088

Eenige dezer verschillen trekken daarbij terstond de aandacht. Vooreerst: waarom vordert het gestelde dilemma minder tijd bij verschil van klank (0.56), dan bij verschil van kleur (0.122)? — Het antwoord is: dat het signaal, op den klank te geven, de eenvoudige imitatie, door oefening natuurlijk geworden is, natuurlijker, dan het bloot conventioneele signaal, met de rechter of linker hand, bij verschil van kleur. Voor dit laatste is door voortgezette oefening dan ook grootere snelheid te verkrijgen. Voor de imitatie van vocaalklanken, daarentegen, bleek het maximum van snelheid reeds genoegzaam bereikt te zijn, — en zoo leeren de hierbij verkregen waarden ons onmiddellijk het minimum van tijd kennen, tot beslissing van een eenvoudig dilemma, met corresponderende wilsbepaling benodigd: —  $\frac{1}{18}$  sekunde. — Intusschen, op

den huidprikkel, waarbij het te geven signaal insgelijks conventioneel was (beweging ook van rechter of linkerhand) vorderde hetzelfde ingeschoven proces slechts  $\frac{1}{13}$  of 0.66 sec., dus weinig meer dan bij het geoefend signaal van vocaalklanken. Ook deze uitkomst kan ons niet bevreemden. Wij lieten de prikkeling der rechter zijde met de rechter hand, die der linker zijde met de linker beantwoorden. Daartoe is zeker de neiging reeds gegeven, als resultaat van gewoonte of oefening: want, eischte men beweging der rechter hand bij prikkeling der linker zijde, of omgekeerd, dan was de tijd langer en vergissing niet zeldzaam. — Nog een laatste opmerking. Tot het herkennen van en reageeren op vocaalteekens wordt ongeveer de dubbele tijd vereischt van den tot herkenning van vocaalklanken met conforme reactie benodigden, en zeker toch hebben we evenveel oefening in het zien en uitspreken van vocaalteekens als in het hooren en herhalen. Deze uitkomst heeft mij zeer getroffen. De grond kan in onderscheiden termen van het samengestelde proces gelegen zijn. Ik geloof echter hem in de zuiver psychische te moeten zoeken. De reactie op licht vordert, zooals ik uit de gezamenlijke waarnemingen bij verschillende personen berekende, in den regel iets meer tijd dan die op geluid. Vereenig ik de bij mij zelven verkregen uitkomsten van 8 reeksen van proeven van reactie op licht en van 12 van reactie op geluid, zoo vind ik evenwel beide gelijk:

voor de eerste, namelijk, 0.1953 sec.

voor de laatste, 0.1952 sec.

Eene zoo volkomene overeenstemming is natuurlijk toevallig, te meer wijl in sommige proeven de eenvoudige vocalen, in andere de vocalen met explosieven als signalen golden, en de physiologische tijden naar gelang hiervan

een weinig verschillen (*Aant.* 3). Maar er volgt toch uit, dat, tegenover geluid en licht, de physiologische tijden voor mij niet merkbaar uiteenloopen. Ook geloof ik te mogen aannemen, dat de onderscheiding van twee kleuren even snel geschiedt als die van twee klanken, en dat de reactie op onderscheiding der eerste door voldoende oefening tot denzelfden tijd zou kunnen worden teruggebracht als die op onderscheiding der laatste. Den grond meen ik dus in den vorm van het teeken te moeten zoeken, dien de ziel niet zoo snel onderkent als den klank. Om van dit verschil rekenschap te geven, moeten wij den indruk van den klank en van den vorm van het teeken wat nader ontleden. Op het netvlies is die indruk zeer samengesteld. Een tal van percipiërende elementen, die ieder den ontvangen prikkel, met hun eigen locaalteeken, naar de hersenen overbrengen, worden plotseling getroffen, en daaruit construeert zich de vorm in onze voorstelling. Die getroffen elementen zijn geheel andere, als het teeken groot, dan wanneer het klein is, en een a blijft toch een a, een i een i. Eene kleine afwijking ook der gezichtslijn doet het geheele beeld van het letterteeken op andere elementen van het netvlies vallen. Het proces tot voorstelling van den vorm is dus noodzakelijk zeer samengesteld, en 't kan ons niet bevreemden, dat het meer tijd eischt dan die van een lichtsindruk in 't algemeen of ook zelfs van een kleur, die op bepaalde percipiërende elementen inwerkt of slechts een bijzondere energie vertegenwoordigt. Voor zoodanig proces, vermeerderd nog met den tijd voor differentiëele wilsbepaling, is 0.16 sec. betrekkelijk niet veel. — En hoe geschiedt nu de voorstelling van een klank? Voor vele klanken kan het proces al even samengesteld zijn als voor momentaneel verlichte kleine



vormen. Gewone klanken toch bestaan uit een tal van partiële trillingen, die eveneens verschillende zenuwvezelen in werking brengen, en voor elke toonhoogte is het weder een geheel ander stelsel van zenuwvezelen, dat den indruk ontvangt: het éénige, wat het proces eenvoudiger doet schijnen, is het verband tusschen de partiële toonen, die bij iedere toonhoogte grootendeels weder de zoogenoemde harmonische zijn. Maar is het proces zoo samengesteld voor klanken in het algemeen, dit geldt niet van vocalen. Bij iedere vocaal is, zooals ik vóór 10 jaren reeds aantoonde, de mondholte in een absoluten toon gestemd, welke ook de toonhoogte zijn moge der stem, waarmede ze wordt voorgebracht, en, in verband daarmede, heeft iedere vocaal zijne absolute, schier onveranderlijke boventoonen. Bij den klank van dezelfde vocaal worden dus op elke toonhoogte voor een deel dezelfde toonen voortgebracht, dus telkens voor een deel dezelfde zenuwvezelen geprikkeld, die, wanneer men een vocaal-klank te wachten heeft, dezen terstond karakteriseeren, — en ziedaar, waarom de voorstelling van het vocaal timbre niet een zoo samengesteld proces onderstelt, als tot de voorstelling uit het vocaal teeken wordt noodzakelijk geacht.

Na het meten van den vereenigden tijd, waarin én onderscheiding uit twee of meer indrukken én corresponderende wilsbepaling mogelijk is, deed zich de vraag op, of voor de beide termen van dit proces de gevorderde tijd niet afzonderlijk te bepalen ware.

Het kwam mij voor, dat men daartoe zou naderen, door het stellen der voorwaarde: dat slechts op één prikkel het signaal zou volgen, met verwaarloozing van alle overige.

Zoo werden vocaalklanken, zonder nadere aanwijzing, als teeken bepaald, maar slechts op één, bijv. op *i*, zou men met *i* antwoorden, op de overige zwijgen. Men spitst zich nu op het herkennen van *i*, en houdt de positie der monddeelen en het mechanisme daartoe geheel gereed, zoodat men bij 't herkennen van *i* slechts den adem heeft uit te stooten, om den correspondeerenden klank voort te brengen, — volkomen als bij het reageeren met *i*, terwijl men wist, dat *i* zou gehoord worden. Er is dus bij deze wijze van proefneming geen keuze meer noodig voor signaal: — alléén het onderscheiden, het herkennen van *i* wordt in het gewone proces ingeschoven. En werkelijk bleek hierbij minder tijd noodig te zijn, dan om elken vocaalklank met gelijken klank te beantwoorden. Van de vele proeven, door mij op die wijze verricht, wil ik slechts de resultaten van drie reeksen inlasschen, op denzelfden avond in zoodanige volgorde genomen, dat, voor zoover vermoeden is in 't spel kwam, deze gelijkmatig werd verdeeld over de drie wijzen van proefneming:

- a. bij reactie op bekenden klank.
- b. " " " onbekende klanken.
- c. " " " één der onbekende klanken.

Bij ieder dezer wijzen werd de gemiddelde duur en het minimum opgenomen:

*duizendsten eener secunde.*

voor a.	bedroeg de gem. duur	201,	het minimum	170.5
b.	" " " "	284,	" "	237.5
c.	" " " "	237,	" "	212.6

Men vindt nu:

uit de gemiddelden — uit de minima — gemiddeld.

b—a =	83	67	75.
c—a =	36	42	39.

In deze proeven werd dus, tot voorstelling van een bepaalden klank (langere' duur bij methode *c* dan bij methode *a*), slechts ruim half zooveel tijd gevorderd, als tot diezelfde voorstelling, verbonden met corresponderende wilsbepaling. De ontwikkeling der voorstelling duurt bij mij 0.039, dat is bijna  $\frac{1}{25}$  secunde, en weinig minder, ruim  $\frac{1}{25}$  sec., eischt de wilsbepaling. Boven deelden we proeven mede van andere personen, die tot het gecombineerde proces minder tijd behoefden. Waarschijnlijk zal ook bij deze, voor de beide termen, de tijd ongeveer in gelijke deelen moeten verdeeld worden. Uit de door hen gedane bepalingen naar de *c*-methode is dit evenwel niet voldoende af te leiden. Het is mij gebleken, dat voor velen de *c*-methode zekere moeielijkheid oplevert. Ze gaven het signaal, waar ze hadden moeten zwijgen. En geschiedt dat ook slechts éénmaal, dan is de geheele reeks te verwerpen: immers, wat waarborgt ons dan, dat, waar ze 't signaal moesten geven en ook werkelijk gaven, naar behooren gewacht was, tot ze zeker hadden onderscheiden? Bovendien, vermits men slechts nu en dan eens juist dien vocaalklank te hooren geeft, waarop het antwoord wordt verlangd, blijft aan deze methode altijd het nadeel verbonden, dat de meeste omgangen van den cilinder ongebruikt blijven. Ik hecht daarom veel aan de boven vermelde bij mij zelve verkregen uitkomsten van drie reeksen, met toepassing der drie methoden voor iedere reeks, waarbij de proeven onberispelijk uitvielen (*Aant.* 4).

Intusschen zou men nog kunnen twijfelen, of naar de gevolgde wijze werkelijk de tot een bepaalde voorstelling gevorderde tijd gemeten wordt. Vindt men niet veeleer den tijd, dien het bepalen van den aard van een vocaalklank langer duurt dan het bloote hooren? Wij antwoorden hierop ontkennend. Wie de proeven ge-

nomen heeft weet, dat, waar het slechts om reactie in het algemeen te doen is, het signaal bij al wat er gebeurt los gaat. Wacht men met spanning op een lichtverschijnsel, men reageert onwillekeurig ook op een klank, en omgekeerd, en evenzoo op een schok, een' electrischen slag, kortom op iederen krachtigen indruk. Men wacht niet tot men hoort, maar slechts tot men ontwaart, en bij de gevolgde methode vindt men dus den tijd, verloopende tusschen 't eerste moment van een ontwaren en de volkomen voorstelling van den aard van 't gehoorde, dat is, den tijd, tot de ontwikkeling eener bepaalde voorstelling gevorderd.

Dezelfde proeven, naar de *c*-methode, heb ik genomen waar *het zien* van vocaalteekens de prikkel was. De tijd, tot herkenning gevorderd, was daarbij betrekkelijk kort, nauwelijks langer dan bij vocaalklanken. Deze uitkomst is zeker opmerkelijk, wanneer men bedenkt, dat het onderscheiden van vocaalteekens, zooals ons in de proeven naar de *a*- en *b*-methode gebleken is, veel meer tijd vordert dan het onderscheiden van vocaalklanken. Toch geloof ik, dat zich daarvan rekenschap laat geven. Bij de proeven naar de *b*-methode kon men zich vooraf geen voorstelling maken, welken indruk men zou ontvangen: zelfs had men zich hiervan te onthouden, ten einde op elk vocaalteeken, dat zich vertoonen mocht, met gelijke snelheid te kunnen reageeren. Tot onderscheiding werd daarbij nu betrekkelijk veel tijd gevorderd. In de proeven, daarentegen, naar de *c*-methode genomen, waarvan hier sprake is, konden, wel is waar, ook alle vocaalteekens verschijnen, maar men had slechts op één daarvan te reageeren, op de overigen te zwijgen, en men kon dus en moest zelfs dat ééne in de voorstelling hebben, om, na de geconstateerde gelijkheid van indruk en

voorstelling, onmiddellijk het in zijn mechanisme geprepareerde signaal te geven. In elders medegedeelde proeven 1) over 't stereoscopische zien is mij de groote invloed eener voorafgaande voorstelling op het herkennen van vormen ten duidelijkste gebleken.

Ook met andere prikkels, zooals electriche slagen op de huid, zijn proeven naar de *c*-methode te nemen, maar hier alléén in betrekking tot een gesteld dilemma. Ook is men niet beperkt tot de keuze van een klank als signaal. Men kan, namelijk, bij 't hooren van alle klanken of slechts bij dat van één te voren bepaalden vocaalklank een beweging met de hand maken, en het verschil geeft dan weder den tijd aan, tot een bepaalde voorstelling gevorderd; maar daarbij is dan de vergelijking met differentiële reactie op ieder der klanken uitgesloten, en de proeven zouden niet aan het doel beantwoord hebben, zoo ik niet op de gedachte gekomen was, als signaal de klanken te registreeren.

Al de bovenstaande uitkomsten zijn verkregen met het werktuig, onder den naam van noëmatachograaf 2) beschreven. Het streven tot nadere analyse van den duur der psychische processen heeft mij verder gevoerd tot eene methode, die op een geheel ander beginsel berust dan de boven medegedeelde, en waarbij het als noëmatachometer beschreven werktuig gebruikt wordt. Ik stel mij voor, de daarbij verkregen uitkomsten nader mede te deelen.

---

1) Archief voor natuur- en geneeskunde. D. II bl. 332 e. v.

2) Archief voor natuur- en geneeskunde. D. III. bl. 105.

---

## AANTEKENINGEN.

*Aanteekening I.* Bij onze bepalingen gebruikten wij de graphische methode. Zij is eenvoudig, veilig, gemakkelijk toe te passen, en voor ons doel nauwkeurig genoeg. Gold het de bepaling van absolute, onveranderlijke waarden, dan zou men naar de grootste nauwkeurigheid moeten streven. Bij het meten van den eenigszins inconstanten duur van psychische processen, is eene bepaling in duizendsten van seconden voldoende, en wij mogen nu de eenvoudigheid en zekerheid niet aan eene grootere, maar doellose nauwkeurigheid opofferen.

Bij onze proeven komt het op drie zaken aan:

- 1°. Wij behoeven eene juist bekende chronoscopische éénheid. Die vinden wij in de geregistreerde trillingen eener stemvork. De trillingssnelheid der gebruikte stemvorken hebben we regtstreeks bepaald door gelijktijdig registreeren van hare trillingen en van de seconden eener klok, en de geringe invloed der temperatuur werd gevonden uit de verandering van het aantal zwevingen met een andere stemvork, op onveranderde temperatuur gehouden.
- 2°. Het moment van den prikkel moet onder of op de stemvorklijn met precisie geregistreerd worden.

Voor verschillende proeven geschiedt dit op verschillende wijze.

Laten wij een inductievonk van het schrijvende metalen veertje der stemvork door het papier op den cylinder overspringen, dan is het moment scherp gemarkeerd op de chronoscopische lijn. Gemakkelijk is de inrichting te treffen, dat naar goedvinden, de vonk, óf alléén gezien, óf alléén gehoord, óf (bij het leiden van een klein deel der ontlading door het lichaam) alléén gevoeld wordt. Zoo kan men *afwisselend* bij reactie op elk der drie zintuigen den physiologischen tijd bepalen. Om bij het openen van den constanten stroom, dat bij en door de draaiing van den cylinder geschiedt, slechts één vonk te krijgen, moet men in de inductieketen een vonken-mikrometer brengen, met knoppen, die bijna tot het maximum van den slagafstand verwijderd zijn. Zoodanige

overspringende vonk kan tevens dienen, om het dilemma van kleursverschil (al of niet door gekleurd glas gezien), het onderkennen van (door de vonk verlichte) letterteekens enz. te doen beslissen: altijd wordt op hetzelfde moment, dat de vonk tusschen de kogels van den mikrometer overspringt, het teeken ook op de chronoscopische lijn geplaatst. — Bij onze vroegere proeven was de methode nog niet zoo nauwkeurig.

Een vocaalklank, die het oor treft, kan ook het veertje van den phonautograaf van Scott-König of van een door König voor mij vervaardigden eenvoudigeren toestel in trilling brengen, — bij gelijken afstand, op hetzelfde moment als het trommelvlies. Onder de chronoscopische curve, schrijft het veertje een rechte lijn, tot het door den vocaalklank in trilling komt: zoo is het moment van irritatie scherp opgeteekend.

- 3°. Het signaal van reactie moet eveneens met precisie op of onder de chronoscopische lijn worden genoteerd. De hiervoor gebruikelijke electro-magneten, met door de stroomsterkte veranderlijk retard, zijn in onze latere proeven geheel ter zijde gesteld. De beweging, waarin het signaal bestaat, wordt zonder tusschenkomst van eenig mechanisme genoteerd. Een verticaal licht houten staafje, genoegzaam zonder wrijving draaibaar om zijn lengte-as, draagt aan zijn boveinde een horizontaal veertje, schrijvende op den cilinder, en nabij zijn ondereinde een horizontaal stuk, dat, tusschen twee vingers in gehouden, kan worden weggeslagen en op hetzelfde oogenblik het schrijvende veertje doet afwijken: in verband met een op te lossen dilemma, kan op die wijze ook over links of rechts wegslaan worden overeengekomen.

Het signaal op vocaal-klinken is de herhaling van den vocaalklank, dien de phonautograaf op dezelfde lijn registreert, als dien van den prikkel (verg. fig. 1). Op vocaalteekens wordt het signaal ook als vocaalklank gegeven. Door terugwerking op eenigerlei prikkel, afwisselend met beweging der

hand en met vocaalklank, wordt het verschil in tijd, uit verschil van signaal voortvloeiende, gevonden (verg. *Aanteekening III*).

Het groote voordeel van het gebruik van stemvork-trillingen als chronoscopische éénheid bestaat dáárin, dat men den cilinder vrij uit de hand kan omdraaien: men vindt den duur van het proces in het aantal trillingen, tusschen prikkel en signaal, onafhankelijk van hare lengte, en op gelijke snelheid van draaiing komt het dus niet bijzonder aan. De omdraaiing geschiedt ongeveer in één secunde, en bij iedere draaiing doet men eene proef, na welke het handvat weer rust op de plaats, van waar men was uitgegaan. De door mij gebruikte cilinder had 19 ctm. middellijn, was 25 ctm. lang en kon, naar verkiezing, met spiraal- of circulaire beweging gebruikt worden. Op één rol konden 20 en meer proeven achter elkander worden geregistreerd. De proef viel altijd nabij de grootste snelheid van draaiing, en hier waren, op trillingen van 261 in 1", vijftien en zelfs tienden eener trilling nog zeer wel af te lezen. Aan het einde der proef wordt het papier doorgesneden op eene lijn, beantwoordende ongeveer aan den aanvang en het einde van alle omgangen, zoodat op het langwerpige blad aan iedere doorloopende stemvork-curve een proef beantwoordt. De proeven worden nu genummerd, en bij iedere proef worden de opmerkingen geschreven, die noodig worden geacht, vóór het koolzwart door vernis-houdenden alcohol wordt gefixeerd.

Aanvankelijk bezigden wij doorgaans een stemvork van 261 trillingen in 1", die, stevig bevestigd, eenige seconden vóór elke proef, door naar boven uittrekken eener tusschen de armen zacht ingeklemde wig werd in trilling gebracht, waarmede men gewaarschuwd was, dat de prikkel weldra volgen zou. Later stonden de door electro-magnetisme in trilling gehouden stemvorken, naar het door Helmholtz voor de synthese van vocaalklanken gevolgde beginsel, door König vervaardigd, ons ten dienste.

*Aanteekening II.* Voor den duur der psychische processen heb ik bijzondere waarde gehecht aan de gevonden minima.



De verschillen, die we vinden, hangen zeker grootendeels af van werkelijke verschillen in duur der psychische processen. Het moment van den prikkel wordt juist geregistreerd, eveneens dat van het signaal, en welke waarschijnlijke fout aan de verschillende niet psychische termen van 't proces kleven moge, kunnen wij niet voldoende tot klaarheid brengen, maar ze is zeker niet groot. Wij moeten dus de waarden eenvoudig aannemen, zooals wij ze vinden, en ons tevreden stellen met de kennis der maxima, der minima en der gemiddelden. Den grond der verschillen wenschen wij hier nog niet nader te onderzoeken. Dit alléén merken we op, dat de mate van spanning en van abstractie van alle andere gedachten een grooten invloed heeft. Eene distractie bij het invallen van den prikkel wordt altijd met verlenging van het proces gestraft. Maar, in verband hiermede, is het klaar, dat de gevonden minima de zuiverste waarden zijn: zij vertegenwoordigen den meest regelmatigigen, ongestoorden loop van 't proces. Door van al de gevonden tijden het minimum af te trekken, verkrijgt men dan in de verschillen een goed overzicht der afwijkingen van de ideale regelmatigheid, en hieruit zal wel een en ander over den grond dier afwijkingen zijn af te leiden.—De beteekenis, die wij aan de minima hechten, noopte ons, voor twee reeksen van proeven, die door het inschuiven van een psychischen term van elkander verschillen, naast het verschil der gemiddelden, ook altijd dat der minima te bepalen. Gevaarlijk zou het zeker zijn, op de minima alléén af te gaan. De mogelijkheid bestaat, dat bij kwalijk beheerschte spanning het signaal losbreekt, vóór de prikkel heeft ingewerkt, en dan vindt men een te klein minimum: bij ongeschikte proefnemers kwam het signaal een enkele maal reeds vóór den prikkel. Wil men aan dit bezwaar tegemoet komen, door de proeven met betrekkelijk groote tusschenpoozen, bijv. van een minuut, zonder waarschuwing, dat de prikkel ophanden is, op elkander te laten volgen, dan vindt de prikkel ons vaak minder wakker, en de uiterste minimale grens wordt moeielijk bereikt. Zelfs bij waarschuwing kort vóór iedere proef, zoodat de spanning niet lang behoeft te duren, wordt een groot aantal proeven ge-

vorderd, om tot het bereikbare minimum te naderen, en daarom moeten de twee reeksen, welker minima ons het gezochte verschil leveren, zeer groot of althans even groot zijn. — Nooit hebben wij verzuimd, ook het verschil der gemiddelden te bepalen. Zij vrijwaren ons voor de grove dwaling, waartoe een onberaden gebruik der minima zou kunnen leiden. En blijkbaar vertegenwoordigt haar verschil, in twee reeksen, toch ook den duur van den in een der reeksen ingeschoven psychischen term. Het was evenwel te voorzien, dat voor denzelfden term de verschillen der gemiddelden iets grooter zouden uitvallen dan die der minima: immers de stoornis, die den langeren duur van het proces veroorzaakt, drukt ook op de psychische termen des te meer, hoe gecompliceerder ze zijn, en, bij gevolg, het meest in die reeks, waarin een nieuwe psychische term werd ingeschoven. Voor dien term hebben wij dus alléén in de minima van 't geheele proces het minimum te wachten: aan die verwachting beantwoordde in 't algemeen de uitkomst.

*Aanteekening III.* Het kan niet onbelangrijk zijn, te onderzoeken, hoeveel tijd op gelijken prikkel het eene signaal meer kost dan het andere. Voor verschillende klanken en voor de beweging der hand kan ik daartoe eene bijdrage leveren, gegrond op 91 scherpe waarnemingen, op onderscheidene waarnemings-dagen allen op mij zelve verricht. Het signaal geschiedde deels op lichts-, deels op geluidsindrukken. De klanken waren de vocalen, al of niet van slag-consonanten, *p*, *t* of *k*, voorafgegaan. Vergeleken werden bijv. *pi*, *tí*, *ki* en *i*, — of eigenlijk niet *i*, maar *í*, voorafgegaan door de *Hamze* der Arabieren, dat is ingezet bij gesloten glottis: die *Hamze* (bijna een zacht kuchje) is eigenlijk ook een slag-consonant, maar wordt in de meeste talen verwaarloosd, — alleen door goede zangmeesters niet, die bij het sterk inzetten van vocalen tegen den stoot der *Hamze* zeer te kampen hebben. Genoegzaam zonder *Hamze* ingezet, ontstaat de klank niet plotseling genoeg, om het begin scherp te registreeren. De beweging der hand bestond in het uittrekken eener tusschen de

uiteinden van de beenen der stemvork zacht ingeklemde wig met handvat, waarop de trillingen, even als die der vocaalklanken, terstond door den phonautograaf werden opgeschreven. — Wij bepalen ons tot de mededeeling der eind-resultaten, in trillingen van 261 in 1<sup>o</sup>:

Prikkel.	Signaal.							
	Vocaal.		Voc. met p.		Voc. met t.		Voc. met k.	
	gem.	min.	gem.	min.	gem.	min.	gem.	min.
Licht	43.3	41.5	45.1	40.5	53	48	49.3	46.5
id.	50.8	48	52	52	58.7	56	50.8	47.5
Geluid	50	43.6	58.3	53	53.2	48	61.3	60.7
Licht	56.8	53.2	56.5	54.5	59.3	53.7	61.2	58.9
gemiddelde uit alle reeksen	50.22	46.57	52.97	50	56.06	51.42	55.65	53.27

Hieruit blijkt, dat zonder uitzondering de slagconsonant vóór de vocaal meer tijd eischt dan de eenvoudige vocaal met Hamze, en dat *p* minder vertraging geeft dan *t* en *k*, zooals ook he-mechanisme al zou doen vermoeden. De vertraging bedraagt, berekend uit de gemiddelden en uit de in ( ) geplaatste minima:

voor <i>p</i>	voor <i>t</i>	voor <i>k</i>
2.75 — (3.43)	5.83 — (4.85)	5.43 — (6.7).

In drie reeksen van waarnemingen konden wij het signaal van klanken met dat der genoemde handbeweging vergelijken, en vinden voor de handbeweging telkens meer tijd noodig: in de eerste reeks der tabel, namelijk, gem. 52.7, en min. 51, dat is 9.4 en (9.5) trillingen meer dan voor de vocaal; in twee andere reeksen, waarbij de vocaal niet bepaald werd, 3.95 en (6.63) en 4.85 en (6.93) meer dan voor *pi*.

*Aanteekening IV.* Van de 51 reeksen van proeven, die genomen, uitgeteld en berekend zijn, deel ik er hier ééne in extenso mede, en bovendien de resultaten van twee andere reeksen. In deze reeksen komen op denzelfden rol afwisselend de proeven voor, naar de *a*-, *b*- en *c*-methode verricht: dat is, bij reactie op bekende, op onbekende en op één der onbekende klanken. Bij methode *c* blijft altijd een deel der klanken onbeantwoord: op rol XVI B,

waarvan wij de uitkomsten hier in haar geheel mededeelen, komen op 22 curven slechts 15 bepalingen voor, doordien bij de *a*-methode het signaal éénmaal door distractie uitbleef, en bij de *c*-methode, naar behooren, zesmalen niet gegeven werd.

21 Augustus, des avonds te 7 uren; de Heeren Hamer en Donders voor den phonautograaf. H. roept; D. respondeert. Stemvork = 261 trillingen.

Methode *a*. *Ki* te beantwoorden met *ki*.

Volgnumm.	Prikkel.	Signaal.	Aantal trillingen	
1	Ki	Ki	45	} gemiddeld = 51.5. minimum = 45.
2	Ki	uitgebleven		
3	Ki	Ki	54	
20	Ki	Ki	53	
21	Ki	Ki	60	
22	Ki	Ki	45.5	

Methode *b*. Onbekende klank, te beantwoorden met gelijken.

Volgnumm.	Prikkel.	Signaal.	Aantal trillingen.	
4	Ko	Ko	77.5	} gemiddeld = 74.33 minimum = 72
5	Ke	Ke	72	
6	Ki	Ki	72	
17	Ki	Ki	76	
18	Ku	Ku	74.5	
19	Ke	Ke	74	

Methode *c*. Van de klanken alleen *ki* te beantwoorden.

Volgnumm.	Prikkel.	Signaal.	Aantal trillingen.	
7	Ku	—		} gemiddeld = 63.37. minimum = 59.
8	Ki	Ki	71.5	
9	Ki	Ki	61	
10	Ka	—		
11	Ku	—		
12	Ki	Ki	62	
13	Ke	—		
14	Ki	Ki	59	

Op de volgende tabel zijn de resultaten der afzonderlijke waarnemingen van dezen rol met die van twee soortgelijke rollen, te zamen 38 bepalingen, denzelfden avond verkregen, vereenigd.

## Aantal trillingen.

Methoden.	XV.	XVI A.	XVI B.	Aantal trillingen.	
				gemiddelde der waarnemingen.	minimum uit 38 bepalingen.
a.	56.66	49.66	51.5	52.41	44.5
b.	74.83	73.08	74.33	74.08	62
c.	60.83	60.5	63.37	61.89	55.5

Men vindt nu:

	uit de gemiddelden			uit de gemiddelden van alle waarnemingen.	uit de minima.
	XV.	XVI A.	XVI B.		
b-a.	18.17	23.42	22.83	21.67	17.5
c-a.	4.17	10.84	11.87	9.48	11

En voor de drie rollen vereenigd:

	uit de gemiddelden.		uit de minima.		gemiddeld.	
	trill.	duizendsten eener sek.	trill.	duizendsten eener sek.	trill.	duizendsten eener sek.
b-a.	21.67	83	17.5	67.05	19.585	75.03
c-a.	9.48	36.32	11	42.15	10.24	39.24