



Over de constanten der in de olfactometrie gebruikelijke negen standaardgeuren

<https://hdl.handle.net/1874/255665>

Aug. 192, 1909

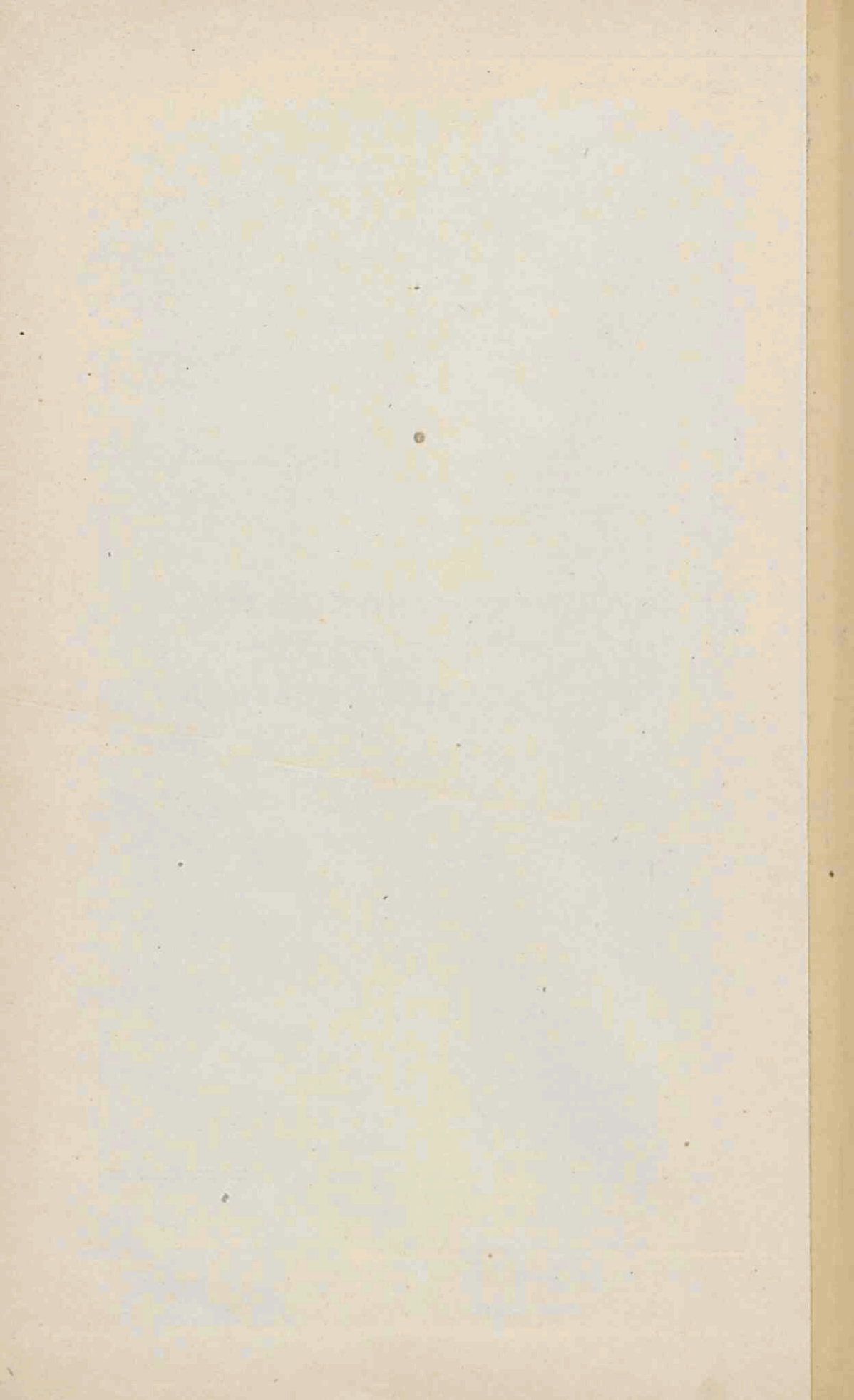
OVER DE CONSTANTEN
DER IN DE OLFACTOMETRIE
GEBRUIKELIJKE NEGEN
STANDAARDGEUREN



J. HERMANIDES

1909
a. gew. 193

OVER DE CONSTANTEN DER IN DE
OLFACTOMETRIE GEBRUIKELIJKE
NEGEN STANDAARDGEUREN



A ges 192, 1909.

OVER DE CONSTANTEN DER IN DE OLFACTOMETRIE GEBRUIKELIJKE NEGEN STANDAARDGEUREN

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR
IN DE GENEESKUNDE, AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT
TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DEN RECTOR-
MAGNIFICUS DR. H. ZWAARDEMAKER, HOOG-
LEERAAR IN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE,
VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNI-
VERSITEIT TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE
FACULTEIT DER GENEESKUNDE TE VERDEDIGEN
OP DINSDAG 2 NOV. 1909 DES NAMIDDAGS TE
4 UREN, DOOR JOHANNES HERMANIDES,
ARTS TE LANGBROEK, GEB. TE GELDERMALSEN

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT

AAN MIJNE MOEDER
EN
DE NAGEDACHTENIS VAN
MIJNEN VADER.

Bij het eindigen mijner Academische Studiën is het mij een aangename taak openlijk mijne erkentelijkheid te betuigen aan de Hoogleeraren der Medische en Philosophische Faculteit, aan wie ik mijne vorming tot medicus te danken heb.

In 't bijzonder acht ik mij gedrongen een woord van warmen dank te richten tot U, Hooggeleerden Zwaardemaker, Hooggeachten Promotor, voor den welwillenden en krachtigen steun, mij bij het samenstellen van dit proefschrift betoond.

Als een voorrecht beschouw ik het, onder Uwe leiding werkzaam te zijn geweest en de uren, op Uw Laboratorium doorgebracht, zullen mij steeds een aangename herinnering blijven en met groote erkentelijkheid jegens U zal ik op dien tijd terugzien.

Ten slotte een woord van dank aan hen, die mij bij het nemen van proeven hunnen dienst verleenden.

INHOUD.

	Bladzijde
Inleiding	1
HOOFDSTUK I. Minima perceptibilia der standaardgeuren in absolute waarden	9
HOOFDSTUK II. § 1. Verdampingssnelheid	14
§ 2. Adsorptie van geuren tegen vlakten van verschillend materiaal	21
§ 3. Minima perceptibilia der standaard- geuren, olfactometrisch bepaald	26
HOOFDSTUK III. § 1. Eenvoudige reactietijd	39
§ 2. Vermoeienis	46
§ 3. „Unterschiedsschwelle”.	56
HOOFDSTUK IV. Unilaterale reukcompensatie	60
HOOFDSTUK V. Bilaterale reukcompensatie	82
HOOFDSTUK VI. Vergelijking van de compensaties der standaardgeuren bij meerdere personen	91
Samenvatting	101

INLEIDING.

Sedert 1888, datum van verschijnen van den eersten olfactometer, is de wetenschap met talrijke publicaties van verschillende auteurs op 't tot dien nog weinig betreden gebied der reukphysiologie verrijkt geworden.

Dr. Collet zegt in zijn *L'Odorat et ses Troubles*¹⁾: „l'odorat et les odeurs n'intéressaient que quelques naturalistes ou quelques médecins chercheurs”, doch hij laat er op volgen: „il n'en est plus de même aujourd'hui”.

Thans biedt de studie van 't reukorgaan den physioloog, psycholoog, rhinoloog, patholoog tal van problemen aan.

Een van deze, de quantitatieve reukmeting is, zooals begrijpelijk, voor den physioloog en den clinicus van bijzonder gewicht. Er werd door hen dan ook sedert lang gezocht naar eene methode, om de minimale hoeveelheden van een reukstof, die tot gewaarwording kwamen, nauwkeurig te meten.

¹⁾ Dr. Collet, *L'Odorat et ses Troubles*. Paris 1904 p. 7.

't Waren deels directe, deels indirecte methoden, waarmede zich de onderzoekers bezighielden. Van de eerste is 't vooral de methode van Passy, die de minima perceptibilia op de meest juiste wijze bepaalt en daarom voor den chemicus misschien boven eenige andere methode te verkiezen; voor de kliniek en 't physiologisch laboratorium staat echter de olfactometer als de meest praktische methode bovenaan.

Wanneer de lucht vóór 't inademen door een buis trekt, welker binnenwand met een reukstof bedekt is, dan zal men een duidelijke geur waarnemen, die, al naar den aard van de stof en de lengte van de genoemde buis, sterker of minder sterk zal zijn. Op 't willekeurig langer of korter maken van dit riekend oppervlak berust de constructie van een instrument, door den uitvinder reukmeter of olfactometer genoemd.¹⁾

In velerlei opzicht, zoowel wat 't toestel als de reukstof betreft, gewijzigd, naar gelang het voor klinisch of voor meer wetenschappelijk gebruik had te dienen, is deze olfactometer in zijn volmaaktsten vorm, de z. g. precisie-reukmeter voor de hier beschreven proeven in gebruik genomen, terwijl als reukstoffen de negen standaardgeuren gekozen zijn.

Gaan we in 't kort na, hoe men tot de keuze van deze standaardgeuren gekomen is, dan hebben we achtereenvolgens een blik te slaan op de verschillende reukclassificaties.

Linnaeus was de eerste, die eene indeeling der geuren aangaf; hij rangschikte haar in zeven klassen, in iedere klasse die reukstoffen vereenigend, welker geurqualiteiten overeenstemden.

De indeeling volgens *Fourcroy* in vijf klassen heeft

¹⁾ Zwaardemaker. Feestbundel bij Donders Jubileum 1888, p. 179.

meer betrekking op chemische verwantschap dan op verwantschap van reukwaarnemingen.

Van een psychologisch standpunt ging *A. v. Haller* uit; hij rangschikte de reukstoffen, al naardat ze lust of onlust opwekten, in:

odores suaveolentes
odores intermediae
foetores.

Juist 't groote verschil in beoordeeling, wat aangenaam of onaangenaam is, doet deze indeeling weinig ingang vinden, terwijl ook de indeeling van *Fröhlich* als irrationeel moet beschouwd worden, waar hij een bijkomend moment als grond voor zijn indeeling gebruikt. Hij onderscheidt n.l. twee klassen:

1e. zuivere reukstoffen, welke uitsluitend reukindrukken veroorzaken.

2e. scherpe reukstoffen, die naast den olfactieven een tactielen prikkel uitoefenen.

't Zal nu zeer van de intensiteit van den prikkel afhangen, of naast 't eindorgaan van den N. olfactorius ook dat van den N. trigeminus geprikkeld wordt en zoo zullen vele reukstoffen in verdunden staat tot klasse 1, bij intensieve inwerking tot klasse 2 gerekend worden.

Giessler deelt de geuren in, niet naar haar geurqualiteit, maar naar verschijnselen, die haar begeleiden, b.v. niezen, hoesten, tranen, worgbewegingen.

En ook anderen hebben naar een rationeele indeeling gezocht, die òf een van de genoemde groepeeringsen als uitgangspunt kozen òf naar een combinatie van verschillende streefden.

Zwaardemaker's classificatie volgt in hoofdzaak de klassieke methode van Linnaeus, die 't groote voordeel heeft een geheel natuurlijk systeem te zijn; de

reukqualiteiten, die den indruk maken van verwantschap, worden tot één groep vereenigd en genoemd naar de eigenschappen, die de meesten dezer gemeen hebben.

Beteekenis verkrijgt de indeeling van Linnaeus eveneens van uit 't standpunt der specifieke energiën der reukzenuwen.¹⁾

Men heeft alle reden, om aan te nemen, dat niet iedere variatie der reukwaarneming op een specifieke verandering der zenuwprikkeling berust, maar waarschijnlijker lijkt, dat, analoog met 't kleurenstelsel, uit een beperkt aantal geuren door menging een groot getal variaties zullen ontstaan.

Een gewichtig hulpmiddel, om de specifieke energiën op 't spoor te komen, hebben we, evenals de kleurenblindheid bij den kleurenzin, in de anosmie. Wanneer een persoon eenige geuren niet waarneemt en andere wel, dan berust dit niet op een stoornis in 't reukmechanisme (want dan zou deze zich over allen of de meesten uitstrekken), maar op een ontbreken van de juist voor deze reuken geschikte specifieke energie.

De partieele anosmiën zijn dus van 't hoogste belang; er zijn bekend voor 't viooltje, reseda en vanille.

Een tweede hulpmiddel is de parosmie, d.w.z. 't optreden van subjectieve geuren bij hersen- of zenuwlijden.

Aronsohn wekte partieele anosmie op, door 't reukorgaan voor 'n bepaalde reuk te vermoeien en dan te onderzoeken, welke geuren niet waargenomen werden. Zoo ontdekte hij b.v., dat zwavelammonium en broomwaterstof tot dezelfde energie behoorden.

¹⁾ Zwaardemaker, Die Physiologie des Geruchs. Leipzig 1895. p. 255.

Prof. Gaule, Handbuch der Laryngologie und Rhinologie 1896. p. 192.

Met behulp van deze energiën tracht nu Zwaardemaker de classificatie der geuren door te voeren en de menigvuldigheid der geuren te verklaren uit een menging van grondgeuren. Hij neemt daartoe voorloopig negen reukenergiën aan, overeenkomstig de zeven klassen van Linnaeus, welke hij met twee vermeerdert en eveneens hypothetisch negen naast elkaar liggende streken in onbepaalde volgorde in de regio olfactoria.

De 1e klasse, de *odores aetherei*, aetherische oliën. Zij omvat de esters, onder welke de vruchtenaethers als parfums bekend zijn.

De 2e klasse, de *odores aromatici*, een der aromatische geurklassen (terpenen, kamfers, specerijen, citroen-, anijs-, amandel-geuren).

3. De *odores fragrantēs*: de echte bloemengeuren als jasmijn, viooltje, verder de balsemgeuren als vanille, cumarine.

4. *Odores ambrosiaci*, die de amber- en muskusgeuren omvatten.

5. *Odores alliacei*: de uienluchten en cacodylgeuren als zwavelwaterstof, asa foetida, chloor, broom, jood.

6. *Odores empyreumatici* of branderige geuren als tabaksrook, gebrande koffie, teer.

7. *Odores hircini* of caprylgeuren, waaronder de vetzuren.

8. *Odores tetri*, waartoe de terugstootende en narcotische geuren behooren en eindelijk omvatten

9e de *odores nauseosi* die geuren, die een braakreflex opwekken, zooals dit faecaalreuk en rottende stoffen doen.

Uit elk dezer 9 klassen heeft Zwaardemaker een vertegenwoordiger gekozen, die duidelijk te herkennen en te beschrijven is, die daarenboven gemakkelijk oplosbaar moet zijn en bijna uitsluitend olfactief

werkzaam. Aan deze eischen voldoen de volgende in ruime mate:

- I. Isoamylacetaat
- II. Nitrobenzol
- III. Terpeneol
- VI. Muscon
- V. Aethylbisulfide
- VI. Guajacol
- VII. Valeriaanzuur
- VIII. Pyridine
- IX. Skatol.

Naar de methode van Passy heb ik van deze geuren in de eerste plaats de minimale hoeveelheden bepaald, die nog juist tot waarneming kwamen. Daartoe werden de geuren, na oplossing in water, in de *reukkast* tot verdamping gebracht. Hoewel een der nauwkeurigste wijzen van reukmeting, kan toch een ongelijke verdeling van de reukstofmoleculen over de binnen de reukkast besloten ruimte, een wisselend resultaat geven.

Bij 't gebruik van den *reukmeter* hebben we echter met nog meer storende invloeden te maken. In de eerste plaats de adhaesie der geuren tegen den glaswand der binnenbuis, welke adhaesie, zooals uit proeven, ook hier beschreven, blijkt, voor de verschillende geuren een zeer variabel karakter draagt. Aangezien de sterkte dezer adhaesie nooit precies te meten is, is de absolute maat der minima perceptibilia bij den olfactometer op deze wijze voorloopig niet te

Laat de olfactometer alzoo niet toe de minima perceptibilia in absolute maat vast te stellen, toch geeft ze op juiste wijze vergelijkbare waarden.

Zoo zijn we in de gelegenheid voor de negen

standaardgeuren een gemiddelde te vinden van waarden, door eenige onderzoekers verkregen.

Bij 't gebruik in de olfactometer werden de geuren opgelost in paraffinum liquidum, terwijl de concentratiegraad zoodanig gekozen werd, dat zeer uiteenloopende reukintensiteiten ontstonden, zoodat ook bij sterke graden van hyposmie velen dezer gebruikt kunnen worden. In 't algemeen is 't gewenscht sterke reukoplossingen te nemen, opdat de eigen geur der paraffine, die nooit volkomen reukeloos te verkrijgen is, geen bezwaar meer oplevere. Dit kan men te eerder doen, daar men in staat is door luchtverdunning de sterkte van den prikkel in den gewenschten graad te wijzigen.

De *reactietijd* vindt met de vermoeienis in een volgend hoofdstuk zijn plaats. De eerste werd bepaald volgens de methode, indertijd door Zwaardemaker aangegeven ¹⁾.

De *vermoeienis* werd tot stand gebracht, door eenigen tijd te ruiken aan een geheel of gedeeltelijk uitgeschoven reukcilinder. Nu werd nagegaan, of deze vermoeienis voor een bepaalde stof verkregen, zich ook over andere uitstrekke.

Beiden, de reactietijd en de vermoeienis komen bij olfactometrisch onderzoek in aanmerking, zijn echter bij compensatieproeven van bijzonder gewicht. Immers van den reactietijd en het voor een bepaalde stof vermoeid reukorgaan, kan 't afhangen, of de eene stof meer op den voorgrond treedt dan wel de andere, of zich compensatie zal voordoen of niet.

Wat deze *compensatie* zelf betreft, werd deze uni-

¹⁾ Zwaardemaker, Die Physiologie des Geruchs. Leipzig 1895, p. 198.

lateraal en bilateraal nagegaan, d.w.z. twee geuren werden, gemengd, in éénzelfde neusgaten, gescheiden in beide neusgaten toegevoerd.

Door vergelijking met de compensaties der negen reukstoffen, reeds door Zwaardemaker gevonden, hebben we getracht identiteiten en verwantschappen der standaardgeuren onderling op 't spoor te komen.

HOOFDSTUK I.

Minima perceptibilia der standaardgeuren in absolute waarden.

't Allereerst zijn reukmetingen toegepast door *Valentin*.

Door successieve verdunning van een volumen reukstof in een bepaald volumen lucht, verkreeg hij ten laatste een luchtmassa, die een door 't reukorgaan nauwlijks waarneembare hoeveelheid reukstof bevatte. Een nadeel, dat door de adhaesie van de gassen aan de wanden van het vat, waarin zij gemengd worden, ontstaat, wordt in een latere methode ¹⁾ door hem vermeden, waarbij hij zich bedient van dunwandige, glazen bolletjes, die in een steel uitloopen. Door het eenige oogenblikken in de hand te houden, wordt een bolletje licht verwarmd en dan in de ruikende vloeistof gedoopt; bij 't afkoelen stijgt een gedeelte naar boven, waarna de steel afgedroogd en 't geheel gewogen wordt. 't Bolletje wordt nu boven een ballon van ± 50 L. inhoud gehouden en weer licht verwarmd; is een druppeltje uitgevallen, dan wordt opnieuw 't gewicht bepaald.

Wilde hij gassen onderzoeken, dan verwarmde hij

¹⁾ Valentin, Lehrbuch der Physiol. des Menschen 2e Auflage 1847. S. 279.

twee van dergelijke bolletjes boven een spiritusvlam en stak daarna de uiteinden in een buis, die toegang gaf tot 't gas en koelde dan af. Was dit eenige malen herhaald, dan werden de buisjes zoo snel mogelijk toegesmolten. Nu werd in een maatglas met water 't volumen der beide bolletjes bepaald, 't welk met verwaarloozing van de zeer dunne wand, overgebracht kon worden op den inhoud der bolletjes.

Een klein, in volume-eenheden verdeeld fleschje werd nu gevuld met een vloeistof, die in staat was het te onderzoeken gas te absorbeeren, 't uiteinde van een der bolletjes werd afgebroken en 't bolletje in de vloeistof geplaatst, welker hoogte vóór en na de proef bepaald werd. Was de absorptie geëindigd, dan werd 't bolletje gebroken, om zich door den reuk te overtuigen, dat alle gas geabsorbeerd was.

Het tweede bolletje werd aan een draad opgehangen in een luchtdicht af te sluiten ruimte van bekenden inhoud. Door 't schudden werd 't bolletje gebroken en 't uitgetreden gas met de lucht gemengd.

De reuk beslist dan, of deze hoeveelheid boven of beneden de grens van waarneming zich bevindt.

Fischer en *Penzoldt* ¹⁾ bepaalden, hoeveel van een reukstof (zij onderzochten daartoe mercaptan en chloorphenol), in de lucht van een afgesloten lokaal met volkomen gladde wanden moest verdeeld worden, om aan iemand, die binnentrad, een nog waarneembaren reukindruk te geven.

Dibbits ²⁾ bediende zich van de eigenschap van zinkacetaat, om door water gedeeltelijk ontleed te worden in een onoplosbaar basisch zout en vrij azijn-

¹⁾ Fischer u. Penzoldt, Biologisches Centralblatt 1886.

²⁾ H. C. Dibbits, Feestbundel bij Donders Jubileum 1888. p. 497.

zuur. Hij liet 60 L. vochtige lucht gedurende een zekeren tijd en met bekende snelheid over het Zn-acetaat strijken en bepaalde nu 't gewichtsverlies van 't zout, dat dus op rekening te brengen is van 't vrij geworden azijnzuur. Zoo gaf een gewichtsverlies van 24 mgr. azijnzuur, over deze 60 L. verdeeld, een nog duidelijk merkbaren reukprikkel.

Passy ¹⁾ maakte een serie oplossingen van de reukstof in alcohol in steeds 10 maal sterkeren graad van verdunning en liet nu een druppel van de zwakste oplossing in een liter-flesch verdampen, waarna de experimentator ruikt; zoo bepaalt hij den sterksten graad van verdunning, die nog een waarneming geeft. Passy zelf waarschuwt voor 2 fouten n.l. de aanwezigheid van alcohol, die de reuk gedeeltelijk maskeert en 't verlies aan reukstof door 't openen van de flesch en 't ruiken er aan. Door groote kolven te gebruiken, heeft hij meer geconcentreerde oplossingen noodig en zal de aanwezigheid van alcohol minder storend werken; tevens gebruikt hij absoluut zuivere alcohol, aangezien de gewone alcoholreuk hoofdzakelijk berust op onzuiverheden. Door ieder onderzoek slechts kort te laten duren en een gering aantal inspiraties te laten doen, vermindert hij de stoornis tengevolge van 't verlies aan reukstof.

Als een geschikte modificatie van de methode van Passy kan de *reukkast* ²⁾, zelf van ouderen datum, dienen, waarvan ik de beschrijving hier volgen laat.

Zij bestaat uit glazen wanden, welker lengte, breedte en hoogte 40 cM. bedragen. Een der zijkanten vertoont een elliptische opening, die aan de neus vol-

¹⁾ Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Séance du 8 Fevr. de 1892.

²⁾ Zwaardemaker, Die Physiol. des Geruchs, 1895, p. 34.

doende ruimte laat, om te ruiken, wat zich binnen de kast bevindt. Om de opening af te sluiten, wordt een blad papier tusschen een veer er over geschoven.

Een gemakkelijk uiteennemen van de kast is noodzakelijk voor de reiniging na iedere proef. Dit reinigen geschiedt, door krijtpoeder over 't glas te wrijven, wat, zooals bleek, zelfs zeer adhaesieve reukstoffen snel verwijdert.

De reukstof werd nu in waterige oplossing op een schaalte binnen de reukkast gebracht, door een der wanden een weinig naar boven te schuiven en aan vervluchtiging blootgesteld, wat door zachte verwarming met een spiritusvlam, onder de glazen kast geplaatst, bevorderd werd.

Was alles verdampt, dan werd, om de reukstof gelegenheid te geven, zich gelijkelyk over de ruimte te verdeelen, steeds 5 min. gewacht, vóór men rook. Dit ruiken geschiedde door korte, oppervlakkige inspiraties.

Naar het voorbeeld van Passy werd ook hier van de druppelmethode gebruik gemaakt. Ik ging daartoe als volgt te werk: met een pipet, die tot in honderdste cm^3 . nauwkeurig was af te lezen, werd de reukstof opgezogen en eenige honderdste cm^3 . in een maatglas verdund. Met deze oplossing, werd, na flink schudden, een druppelfleschje gevuld en nu druppelsgewijs de grens bepaald, waarop nog waarneming optrad. Lag deze beneden 1 druppel, dan werd de oorspronkelijke oplossing eenige malen verdund. Na gevonden waarde werden uit 't gebruikte fleschje op 'n milligram-balans eenige druppels gewogen.

Als voorbeeld laat ik hier 't bepalen van 't minimum perceptibile voor valerianaanzuur volgen: met de pipet nam ik 0.01 cm^3 . valerianaanzuur in een maatglas, dat ik met water aanvulde tot 250 cm^3 . en zoo

verkreëg ik, na goed schudden, 'n oplossing van $\frac{1}{25000}$; hiervan werden 2 cM³. genomen, die weer tot 100 cM³. verdund werden. Van deze valerianaanzuur-oplossing ($\frac{2}{2500000}$) werden 3 druppels, na in een reukkast verdampt te zijn, nog als valerianaanzuur herkend.

Na gebruik werden pipetten en maatglazen met water en alcohol schoongespoeld, tot ze volkomen reukeloos waren.

Waar de reukkast een inhoud bezat van 64000 cM³. zijn de minima perceptibilia van de standaardreukstoffen weergegeven voor 1 L. lucht en uitgedrukt in grammen.

Minima perceptibilia per L. lucht :

Isoamylacetaat	=	9 . 10— ⁸	gr.
Nitrobenzol	=	412 . 10— ¹⁰	"
Terpineol	=	185 . 10— ⁹	"
Aethylbisulfide	=	3 . 10— ¹⁰	"
Guajacol	=	37 . 10— ¹⁰	"
Valerianaanzuur	=	21 . 10— ¹⁰	"
Pyridine	=	1625 . 10— ¹⁰	"
Skatol	=	35 . 10— ¹¹	"

Wat de meer of minder makkelijke oplosbaarheid van deze stoffen betreft, verdient allereerst vermelding, dat muscon in deze bepalingen niet opgenomen is, aangezien 't niet in waterige oplossing te verkrijgen is; verder, dat aethylbisulfide als paraffineuse oplossing $\frac{1}{1000}$ aanwezig was en skatol eveneens opgelost werd in $\frac{1}{1000}$ paraffine. Door de geringe hoeveelheid, die van beide stoffen noodig was, konden deze gemakkelijk in uiterst fijne druppeltjes in water gelijk verdeeld worden, wat een aantal bepalingen, die dezelfde uitkomst gaven, waarborgde. De overige stoffen waren in water gemakkelijk oplosbaar.

HOOFDSTUK II.

§ 1. Verdampingssnelheid.

De snelheid van verdamping van reukmoleculen uit de oppervlakte van een reukstof, hebben we nagegaan met een chemische balans, op wier eene schaal een klein bekerglaasje, gevuld met de paraffineuse reukstof-oplossing en, om de condities beiderzijds gelijk te maken, op de andere een zelfde glaasje met enkel paraffine geplaatst werd.

De concentraties der paraffineuse oplossingen waren gelijk aan die bij de later te bespreken reukmeters in gebruik.

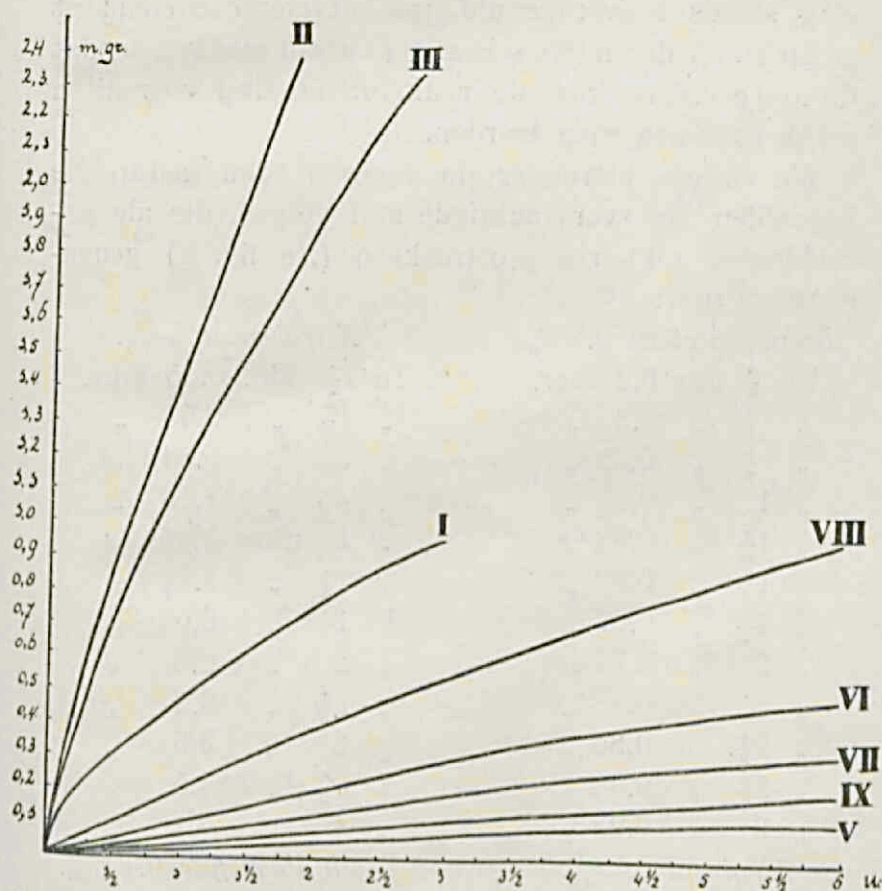
Was 't glaasje gevuld, zoo besloeg de oplossing een oppervlakte van 3.6 cm^2 .

Door een ruitertje langs een der armen van de balans te verplaatsen, maakten we evenwicht bij gewichtsverandering en hadden tevens gelegenheid deze tot op 0.1 mgr. nauwkeurig af te lezen.

Om mogelijke condensatie van waterdamp op de balans en de bekerglaasjes met hun inhoud eenigszins te verhinderen, werd binnen de glazen kast van de balans een schaalte met chloorcalcium geplaatst. De temperatuur was gedurende een proef aan slechts weinig variatie onderhevig en liep op verschillende dagen hoogstens 3° uiteen.

De gewichtsvermindering werd voor iedere reukstof in graphisch beeld gebracht, waarbij de verdampingstijden op de as der abscissen, de gewichtsvermindering op die der ordinaten kwam. De conclusie is gegrond op het gemiddelde van drie dergelijke, graphisch voorgestelde proefreeksen.

Fig. 1.



Karakteristiek voor allen is een in 't begin snellere en dan langzaam verminderende verdamping, hetgeen niet te verwonderen is, aangezien met de vermindering der hoeveelheid reukstof in de oppervlakkige

lagen, ook de dampspanning afnemen zal. Daarom werd dan ook de grootste verdampingssnelheid, die te meten was, als het meest tot die in de proef naderende, beschouwd.

Daar de invloed der temperatuur-schommelingen te klein is, om een merkbaar verschil te geven, is deze verwaarloosd.

Het bekerglaasje werd met de paraffineuse oplossing steeds zoover gevuld, tot het met een constant gewicht op de andere schaal evenwicht maakte, zoodat de oppervlakte van de reukstofoplossing voor allen gelijk genomen mag worden.

We laten hieronder de hoeveelheden gedurende bepaalden tijd vervluchtigde stof volgen, die als gemiddelden uit drie proefreeksen (zie fig. 1) geconstrueerd zijn:

Isoamylacetaat 0.5 %.

In	$\frac{1}{4}$ uur	0.2 mgr.
"	$\frac{1}{2}$ "	0.3 "
"	$\frac{3}{4}$ "	0.38 "
"	1 "	0.46 "
"	$1\frac{1}{4}$ "	0.53 "
"	$1\frac{1}{2}$ "	0.6 "
"	$1\frac{3}{4}$ "	0.67 "
"	2 "	0.74 "
"	$2\frac{1}{4}$ "	0.8 "
"	$2\frac{1}{2}$ "	0.85 "
"	$2\frac{3}{4}$ "	0.9 "
"	3 "	0.95 "

Terpineol 2.5 %.

In	$\frac{1}{4}$ uur	0.4 mgr.
"	$\frac{1}{2}$ "	0.7 "
"	$\frac{3}{4}$ "	0.94 "
"	1 "	1.14 "
"	$1\frac{1}{4}$ "	1.34 "

Nitrobenzol 5 %.

In	$7\frac{1}{2}$ min.	0.25 mgr.
"	15 "	0.5 "
"	30 "	0.84 "
"	45 "	1.16 "
"	1 uur	1.45 "
"	$1\frac{1}{4}$ "	1.74 "
"	$1\frac{1}{2}$ "	2.03 "
"	2 "	2.6 "
"	$2\frac{1}{2}$ "	3.2 "
"	3 "	3.8 "
"	$3\frac{1}{2}$ "	4.5 "
"	4 "	5.1 "

Aethylbisulfide 0.1 %.

In	1 uur	0.03 mgr.
"	2 "	0.05 "
"	3 "	0.07 "
"	4 "	0.09 "
"	5 "	0.11 "

In $1\frac{1}{2}$ uur 1.51 mgr." $1\frac{3}{4}$ " 1.7 "

" 2 " 1.9 "

" $2\frac{1}{4}$ " 2.06 "" $2\frac{1}{2}$ " 2.2 "" $2\frac{3}{4}$ " 2.34 "

" 3 " 2.45 "

Guajacol 1 ‰.

In 1 uur 0.11 mgr.

" 2 " 0.20 "

" 3 " 0.29 "

" 4 " 0.37 "

" 5 " 0.43 "

" 6 " 0.49 "

" 7 " 0.55 "

Pyridine 1 ‰.In $\frac{1}{2}$ uur 0.10 mgr.

" 1 " 0.20 "

" $1\frac{1}{2}$ " 0.30 "

" 2 " 0.38 "

" 3 " 0.54 "

" 4 " 0.63 "

" 5 " 0.82 "

" 6 " 0.95 "

" 7 " 1.07 "

" 8 " 1.19 "

" 6 uur 0.12 mgr.

" 7 " 0.13 "

" 8 " 0.14 "

Valeriaanzuur 0.1 ‰.

In 1 uur 0.07 mgr.

" 2 " 0.13 "

" 3 " 0.19 "

" 4 " 0.24 "

" 5 " 0.28 "

" 6 " 0.32 "

" 7 " 0.36 "

" 8 " 0.40 "

" 9 " 0.43 "

Skatol 1 ‰.

In 1 uur 0.04 mgr.

" 2 " 0.075 "

" 3 " 0.11 "

" 4 " 0.14 "

" 5 " 0.17 "

" 6 " 0.21 "

" 7 " 0.24 "

" 8 " 0.28 "

Gemiddeld verdampten gedurende 't eerste kwartier
uurs per minuut en per cm^2 . oppervlakte van:

Isoamylacetaat $\frac{1}{2}$ ‰ 36 . 10^{-7} gr.Nitrobenzol 5 ‰ 92 . 10^{-7} "Terpineol 2.5 ‰ 75 . 10^{-7} "Aethylbisulfide 0.1 ‰ 14 . 10^{-8} "Guajacol 1 ‰ 5 . 10^{-7} "

Valeriaanzuur	0.1 ‰	28 . 10 ⁻⁸ „
Pyridine	1 ‰	93 . 10 ⁻⁸ „
Skatol	1 ‰	185 . 10 ⁻⁹ „

Gedurende de eerste minuut zal de verdampte hoeveelheid in elk geval groter zijn dan de gemiddelde minutenwaarden in bovenstaande tabel. De steilte in 't begin der curve van fig. 1 laat ons zien, dat dit verschil voor isoamylacetaat waarschijnlijk aanzienlijk zal zien, voor aethylbisulfide gering. Nog sneller dan gedurende de 1e minuut, als geheel genomen, zal de verdamping in de 1e $\frac{1}{4}$ min. zijn. 't Nauwkeurig bedrag hiervan laat zich echter niet vinden, of 't moest zijn uit den mathematischen vorm van de curve op pag. 15 geteekend, die mij echter tot een zoover strekkende conclusie niet nauwkeurig genoeg voorkomt.

Het verloop der curve geeft intusschen niet alleen rekenschap van de verdampingssnelheid, doch is tevens uitdrukking van de diffusiesnelheid.

't Lag voor de hand het wegen van minimale hoeveelheden te doen geschieden op een z.g. *micro-weegschaal* en oogenschijnlijk belooft deze methode veel, als men nagaat, dat de microweegschaal van Nernst-Riesenfeld een nauwkeurigheid van ± 0.02 mgr. aangeeft. Daar op deze echter ten hoogste 2 mgr. weegbaar zijn, is 't duidelijk, dat de door ons gebezigde oplossingen in paraffine al geringe kans aanbieden bij verdamping een betrouwbaren uitslag te geven. Alleen nitrobenzol in 5 ‰ oplossing komt voor de methode in aanmerking en ik heb dan ook getracht zijn verdampingssnelheid langs dezen weg te bepalen. Doch vooraf eenige details over de microweegschaal, zooals deze door Nernst en Riesenfeld voor quantitative analyse van zeer geringe hoeveelheden geconstrueerd is ¹⁾.

1) Berichte der Chem. Gesellsch. 1903 No. 10.

Tusschen de uiteinden van een in een vork uitloopende vertikale as is een 5 cM. lange kwartsdraad horizontaal gespannen. Met waterglas is dwars hierop een 30 cM. lange glasdraad van $\frac{1}{2}$ mM. dikte bevestigd, zoodat deze als een hefboom kan werken. Aan den korten hefboomarm is een platinahaakje ingesmolten, waaraan een platinaschaaltje van ongeveer 20 mgr. kan gehangen worden, terwijl de lange hefboomarm aan 't einde rechthoekig naar beneden is omgebogen en uitloopt in een zeer fijnen wijzer, die langs een glazen schaalverdeeling van 100 gelijke deelen zich bewegen kan. Met behulp van een verrekijker gelukt 't bij gunstige belichting gemakkelijk nog $\frac{1}{10}$ van deze deelstrepen te schatten. Als tegenwicht voor 't platinaschaaltje dient een ruitertje van platina aan den langen hefboomarm. De weegschaal bevindt zich binnen een glazen kast, die door stelschroeven horizontaal is op te stellen.

Ter ijking van de microweegschaal werden eenige dunne koperdraadjes op een gewone, zeer nauwkeurig wegende balans gewogen en daarna overgebracht op 't platinaschaaltje en nauwkeurig den uitslag van elk waargenomen. Als gemiddelde uit 4 waarnemingen correspondeerden met 1 mgr. 63 schaaldeelen of bedroeg een uitslag van 1 schaaldeel een gewicht van *0.016 mgr.*

Gaat men over tot wegen, zoo wordt de balans, die bij niet-gebruiken tusschen kurken schijfjes gefixeerd is, door 't omdraaien van een schroef, losgemaakt en 't 0-punt bepaald, dat onder invloed van temperatuur en vochtigheid der lucht een lichte wijziging kan ondergaan. Om de eerste bij onze proeven eenigszins te elimineeren, werd weer een schaaltje met chloorcalcium binnnen de glazen kast geplaatst, terwijl de temperatuur gedurende ons wegen onveranderd bleef.

Bij het wegen moet men steeds zorgen de weegkast te sluiten, aangezien de balans door de geringste luchtbeweging niet tot rust komt. 't Gelukt gemakkelijk 't platinaschaaltje af te nemen met een stukje spiegelglas, waarop het vaststaat, terwijl met een pincet de kwartsdraad door een kleine zijbeweging gevaar zou loopen te breken. Doch geschikter voor ons doel bleek 't platinaschaaltje te vervangen door een glazen staafje, dat fijn uitliep in een gebogen haakje.

Het dikkere einde werd nu in de reukoplossing gedoopt, zoodat een klein drupje bleef hangen en 't staafje nu zoo snel mogelijk aan de balans gehangen.

Bij alle oplossingen, behalve nitrobenzol, bleek ook na eenige uren wachters geen merkbare vermindering in gewicht opgetreden te zijn. Voor nitrobenzol bedroeg de verdampte hoeveelheid achtereenvolgens:

Bij een gewicht van den druppel van :

	69.1 deelstr.	88.5 deelstr.	74.3 deelstr.
Na 5 min.	0.3 "	0.4 "	0.3 "
" 10 "	0.5 "	0.8 "	0.6 "
" 15 "	0.7 "	1.0 "	0.7 "
" 20 "	0.9 "	1.3 "	0.9 "
" 30 "	1.2 "	1.8 "	1.5 "
" 60 "	1.7 "	2.4 "	1.5 "

Nemen we nu weder de verdamping gedurende de eerste 15 min. als maatstaf, zoo komen we uit deze 3 waarnemingen voor een druppel van 63 deelstrepen (1 mgr.) tot een verdampingssnelheid gedurende de eerste 15 min. van 0.64, resp. 0.71 en 0.59 deelstrepen d.i. gemiddeld 0.01 mgr.

Beschouwen we nu den druppel als een bol, dan beslaat deze, 't specifiek gewicht van paraffine in aanmerking genomen, een oppervlakte van 0.05 cM².

Per cm^2 . en per min. is dan de verdampingssnelheid voor nitrobenzol $13 \cdot 10^{-6}$ gr.

Daar de verdamping hier niet langs een geheel boloppervlak heeft plaats gegrepen, moet deze waarde met een zeker bedrag verminderd worden en komen we wellicht meer in de buurt van $9 \cdot 10^{-6}$ gr., die we vonden met de groote balans, terwijl aan den anderen kant moet opgemerkt worden, dat de nitrobenzol zich ook eenigszins langs 't glazen staafje verbreid heeft, wat dóór vergrooting van oppervlakte de verdamping begunstigen zal ¹⁾.

§ 2. Adsorptie van geuren tegen vlakten van verschillend materiaal.

Reeds is melding gemaakt van den storenden invloed, die uitgaat van adsorptie van geuren aan glas, een eigenschap, die zich meer of minder bij alle reukstoffen voordoet.

Bij 't experimenteren met den nog nader te beschrijven olfactometer blijkt voor terpineol en guajacol een langeren tijd noodig, om de glazen reservoirs reukeloos te maken. Voor skatol en muscon geldt dit in nog sterkere mate; ook na toepassing van de

¹⁾ Evenmin heeft de microweegschaal de vraag tot een oplossing kunnen brengen, of muskus in verloop van tijd in gewicht afneemt. Door vele onderzoekers is deze vraag steeds ontkennend, door Valentin bevestigend beantwoord geworden. Wij hebben eenige korreltjes muskus op 't platinaschaaltje gelegd en rustig aan hun lot overgelaten. Zelfs na 2 maanden was nog geen duidelijke uitslag aanwezig. Een schijnbare vermeerdering van één deelstreep is door opname van waterdamp licht te verklaren, sedert men weet, dat vele reukstoffen hygroscopisch zijn.

gebruikelijke hulpmiddelen (verwarming, luchtdoorvoer, luchtverduunning) wordt voor volkomen reukeloosheid meest eenige uren vereischt.

't Kan daarom van belang geacht worden deze eigenaardige verhouding van sommige geuren ten opzichte van glas of ander materiaal nader te leeren kennen.

Om tot dit doel te geraken zijn een aantal even lange en even wijde buizen van het meest uiteenlopend materiaal vervaardigd, voor welke nu de adsorptie nagegaan werd. Daartoe werden deze buizen door middel van een kort koperen verbindingsstuk in continuïteit gebracht met een cilindrische reukbron van 10 cM. lengte en 2.5 cM². totale oppervlakte, zoodat de geaspireerde lucht eerst den cylinder over zijn geheele lengte passeerde en dan de buis, waarvan men de adsorptie wilde leeren kennen.

Gewenscht was de lucht steeds met dezelfde snelheid door te voeren, daarom werd een aërodrometer (zie voor de beschrijving volgende §) tusschengeschakeld. De stroomsnelheid bedroeg in de onderstaande proeven 100 cM³. per sec., terwijl de expositie aan de met reukstof gemengde lucht nauwkeurig 5 min. duurde. Hierna werd de buis verwijderd en de adhaesie van den geur door middel van het zintuig nagegaan.

Soms bleek de adhaesie geheel afwezig, in ieder geval niet merkbaar; vaak was de adhaesiegeur slechts gedurende een paar aspiraties op te merken; was hij sterker, dan werd de buis op een tafel van het gelijkmatig verwarmde lokaal neergelegd en tusschenbeide gecontroleerd.

Hieronder volgt een tabel, die aangeeft den adsorptieduur van de verschillende reukstoffen.

Adsorptieduur.

	Isoamyl- acetaat	Nitro- benzol	Terpi- neol	Muscon	Aethyl- bisulfide	Guajacol	Valeri- aanzuur	Pyridine	Skatol
Glas	0	enk. sec.	0	20 uur	enk. sec.	1 min.	30 min.	0	1½ uur
Vernik.koper	enk. sec.	"	0	>2×24 u.	"	5 "	enk. sec.	enk. sec.	3½ dag
Zilver	0	"	enk. sec.	"	"	0	5 min.	0	24 uur
Goud	0	"	0	"	"	12 min.	enk. sec.	0	1½ dag
Aluminium	0	"	0	24 uur	1 min.	15 "	3 min.	0	9 dagen
Kool	enk. sec.	8 min.	0	enk. sec.	0	0	0	18 min.	0
Staal	2 min.	enk. sec.	4 min.	"	enk. sec.	7 min.	0	30 "	20 dagen
IJzer	enk. sec.	"	enk. sec.	7 min.	"	8 "	0	45 "	10 "
Koper	0	"	"	4 dagen	"	3 "	0	2 "	3 "
Zink	enk. sec.	"	0	3 "	"	25 "	0	2½ "	14 "
Lood	0	"	0	12 "	1 min.	enk. sec.	0	enk. sec.	10 "
Tin	0	"	0	4 "	enk. sec.	8 min.	2 min.	½ min.	7 "
Porcelein	15 min.	8 min.	5 min.	enk. sec.	2 min.	5 "	0	5 "	0

Uit deze tabel blijkt de adsorptie aan verschillend materiaal sterk wisselend te zijn. Beschouwen we in de eerste plaats glas, zoo blijkt dit voor olfactometrische doeleinden voor de meeste reukstoffen een uitnemend materiaal. Alleen voor muscon schijnt 't volkomen ongeschikt en moet aan 'n olfactometer uit kool, porcelein, staal of ijzer de voorkeur gegeven worden; technisch komt dan de ijzeren 't eerst in aanmerking.

De adsorptieduur van skatol is niet van dien aard, om speciaal daarvoor een olfactometer uit kool of porcelein te doen vervaardigen.

De meeste stoffen blijken verder voor muscon en skatol een buitengewoon sterke adhaesie te vertoonen.

Opmerkelijk is, dat terpineol, dat in 't glazen reukreservoir lang aanwezig blijft, in deze aan beide zijden wijd geopende glazen buizen direct verdwenen was; blijkbaar is hier de geadsorbeerde hoeveelheid terpineol gering, zoo gering, dat zij niet stijgt boven 't minimum perceptibile, terwijl we toch een langen adsorptieduur moeten aannemen, getuige de proeven met 't aan beide zijden zeer nauw toeloopende reukreservoir. Een reukreservoir uit koper of tin zou misschien blijken in 't geheel geen terpineol te absorbeeren.

Al zal op grond van al deze zoo uiteenlopende verhoudingen van de eene reukstof tot de andere, van 't eene materiaal ten opzichte van 't andere, een al deze verschijnselen omvattende verklaring al moeilijk blijken, toch is men in staat hypothesen op te stellen, die met dezen factor van adsorptie rekening houden.

Zwaardemaker merkt op in zijn „Physiol. d. Geruchs” ¹⁾,

¹⁾ Zwaardemaker, Die Physiologie des Geruchs '95, p. 33 u. 124. Zwaardemaker, De adsorptie van muscongeur tegen vlakten van verschillend materiaal Kon. Ac. v. Wet., 29 Juni '07.

dat glas des te minder aanleiding geeft tot adhaesie van reukgassen, hoe droger zij zijn.

De door de ruikbuis trekkende lucht bevat een elken dag wisselende hoeveelheid waterdamp, die zich op de binnenvlakte der buis in een dunne laag neerslaat; de dikte van deze damplaag op glas bedraagt volgens Bunsen bij 25° C. ongeveer 0.00101 mM^2 .

't Kan nu niet bevreemden, dat alle in water oplosbare reukstoffen een zekere adhaesie vertoonen. 't Zal dus van de vochtigheid der lucht afhangen, of zich veel of weinig H_2O op de binnenvlakte der buis neerslaat en dus veel of weinig reukstof in deze capillaire laag kan oplossen.

Doch ook andere bestanddeelen der lucht (O , N , CO_2) kunnen 't zijn, die een moleculair laagje vormen, waarin de reukstoffen zich kunnen oplossen.

Mogelijk zou 't verder kunnen zijn, dat zich specifieke metaaldeeltjes in 't condensatielaagje oplossen, waardoor weer een eigenaardige wijziging in de oplosbaarheid der reukstoffen zou kunnen ontstaan.

Ook ware, indien men de proeven met volkomen droge lucht doet, te denken aan een indringen van reukstofmoleculen in de poriën van 't metaal zelf.

Voor ons doel hebben we ons intusschen met deze theoretische beschouwing niet op te houden; 't geldt hier alleen het vaststellen van eenige voor de praktijk der reukmeting gewichtige gegevens.

§ 3. Minima perceptibilia der standaard-geuren, olfactometrisch bepaald.

Meting en vergelijking op het gebied der reuk-scherpte is op groote schaal slechts mogelijk met behulp van den olfactometer van Zwaardemaker.

Het principe van dezen reukmeter is dit, dat men een luchtstroom van bekende snelheid over het oppervlak van een reukstofoplossing laat strijken. Door die oppervlakte te vergrooten of te verkleinen is men in staat de reukstof in allerlei verhoudingen met de langs strijkende lucht te mengen. Naar gelang het gehalte wordt de reukstof meer of minder duidelijk herkend.

De onderdeelen van den laboratorium-olfactometer zijn:

- 1e. de magazijn-cylinder,
- 2e. het lucht-reservoir,
- 3e. de waterluchtpomp,
- 4e. de aërodromometer.

De *magazijn-cylinder*, in 't vervolg kortweg cylinder genoemd, is een reservoir met inwendig riekend oppervlak. Om een metaalgazen cylindertje van 10 cM. lengte en 8 m.M. diameter wordt filtreerpapier gewonden, totdat de laag een dikte van $2\frac{1}{2}$ m.M. bezit. Om dezen cylinder van filtreerpapier bevindt zich een wijdere glazen buis, die door twee metalen platen aan de uiteinden is afgesloten en wel waterdicht door middel van twee kurken platen en drie schroeven aan overlans loopende trekstangen. De beide afsluitplaten bezitten in het midden een doorboring ter wijidte van het lumen van den metaalgaas-cylinder en een van beiden een kleinere excentrische opening, die met een kurken plaatje en schroef afgesloten kan

worden en gelegenheid geeft, om de ruimte tusschen het filtreerpapier en den glazen mantel met ongeveer 80 cM³. der reukstofoplossing te vullen, 't welk gemakkelijk geschiedt door middel van een tot een trechter uitgetrokken glazen buis. Na 24 uur is 't filtreerpapier geheel met de oplossing doordrenkt en geeft de metaalgazen oppervlakte een op alle punten even sterken reuk af.

Het *luchtreservoir* is een dikke, glazen cylinder, die 100 cM³. lucht kan bevatten en aan beide zijden afgerond en van glazen kranen voorzien is. Dit reservoir loopt aan een der zijden uit in een 8 mM. dikke glazen buis en eindigt aan den anderen kant in een metalen aanzetstukje. Aan de bovenzijde bezit het verder een kort glazen buisje, 't ruikbuisje genoemd, dat met een metalen stop luchtdicht is af te sluiten.

Het luchtreservoir is omwonden met een nikkelen spiraaldraad, die door middel van een accumulator verwarmd kan worden.

De *waterstraalluchtpomp* is een aan de waterleiding aangebracht aspiratietoestel, dat door middel van een dikwandige gummislang luchtdicht verbonden kan worden met het aanzetstukje van het luchtreservoir en de lucht eerst door de binnenbuis van den magazijn-cylinder en vervolgens door het luchtreservoir zuigt.

Een electrisch gedreven ventilator, zich bevindend binnen een kegelvormig ijzeren toestel, waaraan een gummislang, kan de waterstraalluchtpomp uitstekend vervangen.

Het is van gewicht zekerheid te hebben, dat de waterstraalzuigpomp of de ventilator steeds met dezelfde kracht werken. Men kan zich hiervan gemakkelijk overtuigen, wanneer men den *aërodromometer* ¹⁾

¹⁾ Zwaardemaker, Die Luftbrücke. Onderzoekingen Physiologisch laboratorium Utrecht, 5 IV, pag. 27.

inschakelt. Dit is een wijde, vertikale glazen buis, waarin een als windvaan dienend aluminium-plaatje tusschen twee zeer dunne spiraalveeren opgehangen is en, door den luchtstroom meegenomen, zich beweegt langs een millimeter-schaal en door zijn uitslagen de stroomsnelheid der lucht aangeeft. De ijking geschiedt met een gasmeter. Zoo correspondeert een uitslag van het windvaantje van 26 mM. met een luchttransport van 100 cm^3 . per seconde, met welke stroomsnelheid we steeds onze proefnemingen verrichtten. Gedurende de experimenten is het noodig de snelheid tusschenbeide te controleeren en te regelen.

De cylinder wordt, na gevuld te zijn, op een horizontaal loopend paar richels geplaatst en geschoven over het glazen buisje, het verlengstuk van het luchtreservoir, zoover, tot het stuit tegen een loodrecht opstaande plaat, die dus een afscheiding vormt tusschen het luchtreservoir en den cylinder en voorkomt, dat bij het ruiken de cylinder zelf geroken wordt. Langs een der richels, waarover de cylinder glijdt, is een verstelbare millimeter-verdeeling aangebracht.

Iedere cylinder wordt vóór 't gebruik op den 0-stand ingesteld; dit geschiedt, door den achterrand van het metaalgaas nauwkeurig in één vlak te brengen met het uiteinde der binnenbuis en nu verschuift men de millimeterverdeeling, tot een naald, bevestigd aan den cylinder, op nul komt. Schuift men den cylinder uit, zoodat de naald op 1 staat, dan zal de geaspireerde lucht een riekend oppervlak van 1 cM. lengte passeeren. Staat de wijzer op 10, dan is de cylinder ook volledig uitgeschoven en staat het geheele oppervlak van het nikkelgaas reukstof aan de voorbijstroomende lucht af. Geheel ingeschoven is die vlakke natuurlijk 0 en tusschen deze beide uiterste standen

beschikt men, millimeter voor millimeter uitschuivend, over 100 verschillende trappen van riekend oppervlak.

Vóór den aanvang van een olfactometrisch onderzoek moet men bekend zijn met enkele moeilijkheden, die zich daarbij kunnen voordoen. In de eerste plaats de wijze, waarop geroken wordt. Ruikt men met het achterste gedeelte van de neusopening, zoo is het mogelijk, dat zelfs een krachtige reukprikkel niet gemerkt wordt. Men plaatse de neus zoo over het ruikbuisje, dat dit zich $\frac{1}{2}$ —1 cM. binnen de neus bevindt en wel in de voorste helft.

Een bepaalde wijze van inademen is niet aan te geven; ieder die een zwakken geur inademt, zal onwillekeurig streven en zoeken naar de meest doelmatige beweging; dit optimum wordt na eenige oefeningen in een oogwenk gevonden.

Sommige reukstoffen hechten, gelijk reeds opgemerkt, zoo hardnekkig aan glas, dat men vaak uren lang wachten moet tot volkomen reukloosheid.

Luchtverdunning is dan gebleken het snelst de geabsorbeerde reukstof te doen verdampen; men verdunne dus zoo sterk mogelijk onder afsluiting van de stroomopwaarts gelegen kraan. Het binnenbuisje kan men intusschen met een in alcohol gedrenkten wattendrager en daarna met droge watten reinigen. In veel gevallen voert gelijktijdige verwarming van het luchtreservoir sneller ten doel; aan den anderen kant zij hier opgemerkt, dat te sterke verwarming een brandlucht kan geven; door middel van een weerstand wordt daarom de temperatuur geregeld.

Een voorname eisch worde ook gesteld aan de reukloosheid van het vertrek, waarin het onderzoek verricht wordt, b.v. mag er niet in gerookt worden, en moeten de cylinders steeds in een ander lokaal gevuld worden.

Een cylinder kan men jaren lang goed houden, zoo men hem steeds ingeschoven bewaart, waarbij de reukstof bestendig door de binnenbuis hermetisch is afgesloten.

Er bestaat verder gevaar voor opname en vasthouden van reukstoffen uit de omgeving, daarom mag een cylinder, die niet gebruikt wordt, nooit in een gesloten doos of kast geborgen worden, doch steeds vrij in een lokaal, door kurkjes afgesloten.

De algemeene gang van de bepaling van een minimum perceptibile is als volgt: men laat de lucht door het toestel zuigen en schuift den cylinder over een bepaalden afstand uit en wacht $\frac{1}{4}$ minuut (aangegeven door een zandlooper), dan neemt men de gummislang af en sluit te gelijker tijd de stroomopwaarts gelegen kraan, schuift den cylinder over 't O-punt terug, opent het ruikbuisje en overtuigt zich, of de reuk al of niet merkbaar is. Is het laatste het geval, zoo behoeft het apparaat niet direct gereinigd te worden, maar men kan den cylinder onmiddellijk verder uitschuiven. Had men den reuk herkend, zoo wordt door luchtverduunning en mechanische reiniging van de binnenbuis meestal spoedige reukloosheid verkregen, waarvan men zich vóór een nieuwe proef aan 't ruikbuisje te overtuigen heeft, om dan de proef bij een geringeren cylinderstand te herhalen. Op deze wijze zoekt men den geringsten op de schaal af te lezen stand, waarop nog duidelijk de reukstof herkend wordt.

Gedurende een proef is de riekende oplossing slechts weinige seconden aan de lucht blootgesteld; het is van belang dit niet langer dan noodig is te doen duren en na iedere $\frac{1}{4}$ minuut den cylinder, vóór men ruikt, in te schuiven.

Gevaar voor afstomping door vermoeienis van ons reukzintuig is er niet, zoo de prikkels niet te sterk

genomen worden, overigens is de voor het reinigen van het toestel benoodigde tijd voldoende, om het zintuig rust te verschaffen.

Is de concentratiegraad van de reukstof zoodanig dat de „Erkennungsschwelle” nog ligt beneden 0.1 cM. cylinderlengte, dan kunnen we onzen toevlucht nemen tot een 10-, 100- of 1000-voudige luchtverduunning. Daarvoor is tusschen de gummislang en de aspiratiepomp een manometer, die van onderen in een bakje met kwikzilver rust, ingeschakeld. Wenscht men na doorzuigen van de lucht over een cylinderlengte van b.v. 0.1 cM., gene 10-maal te verdunnen, dus den druk in het luchtreservoir met $\frac{9}{10}$ te verminderen, zoo sluit men na $\frac{1}{4}$ minuut de stroomopwaarts gelegen kraan, schuift den cylinder terug en laat de luchtpomp werken totdat het Hg.-niveau de hoogte bereikt heeft gelijk aan $\frac{9}{10}$ van den stand van een daarneven gehangen barometer. Op dat oogenblik sluit men de stroomafwaarts gelegen kraan, opent het ruikbuisje een oogenblik, om de lucht in het reservoir weer 't oorspronkelijk volumen te doen innemen, verwijderd de gummislang, opent de kraan en ruikt aan 't ruikbuisje. Blijkt ook 0.01 cM. te liggen boven de „Erkennungsschwelle”, dan kan men de 10-voudige verdunning herhalen en op deze wijze nog waarden van 0.001, 0.0001 enz. met groote mate van nauwkeurigheid bepalen.

Muscon hecht zich bijzonder sterk aan glas, zoodat na iedere proef een urenlang doorzuigen van lucht noodig is, om 't reservoir, waarin geroken wordt, reukeloos te krijgen; aangezien de adhaesie van muscon aan ijzer zeer gering is, is voor muscon een geheel uit ijzer gebouwde reukmeter vervaardigd.

Als oplosmiddel werd paraffine gebruikt, dat reukeloos is en niet veranderlijk. Muscon daarentegen

wordt in paraffine zelf reukeloos, het werd daarom saāmgesmolt en met myristinezuur en tot een hard wordenden cylinder met een lumen van 8 mM. in een glazen buis gegoten.

Van de nieuw bereide negen oplossingen werden cylinders gevuld en na eenige dagen de minima perceptibilia bepaald. In den regel werden met iedere stof 10 waarnemingen gedaan en hieruit een gemiddelde genomen, terwijl zich uit de formule

$$W = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum x^2}{s-1}}$$

de waarschijnlijke fout liet berekenen, die procentsgewijs uitgedrukt werd.

Steeds werden temperatuur en barometerstand genoteerd, de laatste met 't oog op de 10- of meer-voudige luchtverdunning, de eerste, omdat sterk uiteenlopende temperaturen een onderlinge vergelijking niet zouden toelaten. Daarom zijn de waarnemingen steeds verricht bij een temperatuur van 14—18° C., de normale kamertemperatuur.

Als minima perceptibilia werden voor mijn reuk-orgaan de volgende waarden gevonden:

	Min. perc. in cM.	Waarsch. fout.
Isoamylacetaat 1/2 % in paraff. liquid.	0.3	16 %
Nitrobenzol 5 % " " "	0.09	40 %
Terpineol 2.5 % " " "	1.4	20 %
Muscon 0.627 % in myristinezuur	0.2	24 %
Aethylbisulfide 1 %/1000 in paraff. liquid.	0.09	10 %
Guajacol 1 %/100 " " "	0.27	20 %
Valeriaanzuur 1 %/1000 " " "	0.035	18 %
Pyridine 1 % " " "	0.041	12 %
Skatol 1 %/100 " " "	0.0025	23 %

Deze waarden verschillen weinig van reeds door anderen gevondene, zoodat een algemeen gemiddelde van een normaal reukorgaan op te stellen is.

Minima perceptibilia in cM.

	Z ₁	Z ₂	N	K	Hs	Ha	de H	Algem. gem.
Isoamylacetaat	0.23	0.20	0.30	0.245	0.30	0.40	0.35	0.29
Nitrobenzol	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.25	0.06
Terpineol	1.10	1.10	2.00	2.90	1.30	1.20	1.40	1.60
Muscon	0.15	0.15	0.30		0.20	0.30	0.20	0.22
Aethylbisulfide	0.015	0.015	0.005	0.004	0.012	0.02	0.11	0.012
Guajacol	0.30	0.30	0.25	0.50	0.50	0.60	1.90	0.62
Valeriaanzuur	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.07	0.04
Pyridine	0.02	0.02	0.02	0.023	0.03	0.03	0.045	0.027
Skatol	0.002	0.003		0.0003	0.002	0.003	0.0016	0.002

De namen van de waarnemers, wier initialen aan het hoofd der kolommen zijn vermeld, luiden: Zwaardemaker, Noyons, Kubo, Hermanides, Heringa, de Haan.

De gemiddelde fout der waarnemingen van Z en Ha zijn eveneens bekend en vindt met die van Hs hieronder vermelding:

Z₁, N, K. Zie v. d. Hoeven Leonhard, „Ueber ein abweichendes Geruchssystem“, Onderz. in 't Physiol. Lab. Utrecht 5 VIII 393.

Z₂. Zie Zwaardemaker, Over Geurverwantschappen, Kon. Ac. v. Wet. 23 Sept. '07.

Waarschijnlijke fout der min. perc. in %.

	Z	Ha	Hs
Isoamylacetaat . .	27	7	16
Nitrobenzol	30	34	40
Terpineol	40	11	20
Muscon	60	22	24
Aethylbisulfide . .	35	39	10
Guajacol	26	15	20
Valeriaanzuur . .	80	19	18
Pyridine	15	25	12
Skatol	67	30	23

Onder te voren genoemde voorzorgsmaatregelen is men in staat deze cylinders met reukstoffen jaren lang met onveranderde reukkracht te bewaren; dit werd nagegaan bij verschillende cylinders, die 2 jaar geleden gevuld en herhaaldelijk voor verschillende doeleinden gebruikt werden. In 't algemeen werd geen in aanmerking komende afwijking met pas bereide gevonden; alleen pyridine vormde een uitzondering, waarschijnlijk veranderd door onvoldoende afsluiting.

Ter vergelijking laat ik hier nogmaals de 9 geuren volgen en wel de minimum-prikkelwaarden der oude en der nieuw-bereide oplossingen:

Minima perceptibilia in cM. ¹⁾

	oude oplossing.	nieuwe oplossing.
Isoamylacetaat	0.3	0.3
Nitrobenzol	0.15	0.09
Terpineol	1.2	1.4
Muscon	0.2	0.2
Aethylbisulfide	0.11	0.09
Guajacol	0.2	0.27
Valeriaanzuur	0.04	0.035
Pyridine	1.1	0.041
Skatol	0.004	0.0025

¹⁾ Dr. v. d. Hoeven Leonhard vermeldt in 't op p. 33 reeds geciteerde artikel zijn minima perceptibilia, olfactometrisch bepaald en bemerkt bij zichzelf een geheel afwijkend reuksysteem. Hij vindt zijn reukscherpte voor de 9 standaardgeuren achtereenvolgens $\frac{3}{4}$, $3\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{107}$ en 23 maal de normale reukscherpte. Tevens is hij anomaal trichromaat. Om tot een samenhang tusschen zijn afwijking in kleuren- en reukzin te besluiten, ontbreken hem meerdere waarnemingen.

Wij zijn nu in de gelegenheid geweest een tweede persoon te onderzoeken, die zich als abnorm trichromaat (eveneens nagegaan met Donders' dubbelspleetspectroskoop) deed kennen.

Getracht is, om de indirecte methode der olfactometrie, in verband met de verdampingssnelheid, tot een directe te maken en de „Erkennungsschwellen” met den olfactometer gevonden, in absolute maat uit te drukken.

We kennen de verdampingssnelheid per minuut en per cm^2 oppervlakte voor iederen standaardgeur; we kunnen eveneens de oppervlakte van de uitgeschoven cylinderlengte, die ons de „Erkennungsschwelle” leverde, berekenen; we weten verder de hoeveelheid lucht, waarin 't minimale quantum reukstof zich vervluchtigde, zoodat 't gevonden aantal mgr. reukstof per 100 cm^3 lucht de „Erkennungsschwellen” aangeeft, die we vergelijken kunnen met die, gevonden met de reukkast.

Zoo was de „Erkennungsschwelle”, olfactometrisch bepaald, van 5% nitrobenzol 0.09 cm . We weten, dat de doorsnede van den reukcylinder 8 mm is, zoo komen we tot een voor de „Erkennungsschwelle” noodige verdampingsoppervlakte van 0.75 cm^2 . Inmiddels verdampt van 5% nitrobenzol per min. en per cm^2 $92 \cdot 10^{-7} \text{ gr. d.i.}$ over de uitgeschoven cylinderoppervlakte $21 \cdot 10^{-7} \text{ gr. per min.}$ Per sec. passeert over die oppervlakte 100 cm^3 lucht; in 1 L. lucht mengt zich derhalve van nitrobenzol $35 \cdot 10^{-8} \text{ gr.}$, hetgeen in den olfactometer nog juist te ruiken is.

Toetsen we dit aan de waarden, vroeger gevonden met de reukkast, dan zien we, dat de „Erkennungsschwelle” voor den olfactometer ruim 8 maal hooger ligt.

Vragen we ons af, wat de oorzaak van dit verschil is tusschen de absolute waarden, verkregen met de reukkast en met den olfactometer, dan treft ons de zoo geheel verschillende wijze van verdampen: aan

den eenen kant een vrije oppervakte, aan den anderen een smal, buisvormig oppervlak, waarover zich de lucht met zekere snelheid beweegt.

Voor nitrobenzol kunnen we nu de wijze van verdampen gelijk maken. We nemen daartoe een magazijn-cylinder van de gewone lengte en lumen, doch met een geringen vloeistofinhoud nl. 20 cM³. Deze cylinder wordt nu, na vulling met 5 % nitrobenzol en weging op 'n chemische balans aan de ruikbuis van den olfactometer bevestigd, zoodat de lucht met een snelheid van 100 cM³. langs de geheele binnen-vlakte strijkt. Na 5 min. wordt opnieuw gewogen en 't verschil geeft de in dien tijd verdampte hoeveelheid over bekende oppervlakte. Deze hoeveelheid vergelijken we met de vroeger gevonden verdampingssnelheid en dan blijkt, dat deze hier ongeveer 5 maal geringer is dan langs vrije oppervlakte, hetgeen allicht zijn verklaring vindt in 't feit, dat de overheenstrijkende lucht de reukmoleculen aan de oppervlakte de eerste oogenblikken snel meevoert, de diffusie van diepere lagen uit te langzaam gaat.

In de tweede plaats hebben we te maken met de adsorptie. Deze belet in ieder geval, dat een meer of minder groot gedeelte van de in 100 cM³. lucht verdeelde reukstof tot ons reukorgaan doordringt.

We laten hieronder de minima perceptibilia in grammen volgen, zoowel olfactometrisch als met de reukkast bepaald.

Minima perceptibilia in gr. per L-Lucht.

Standaardgeur	a met den olfactometer.	b met de reukkast.	verhouding $\frac{a}{b}$
Isoamylacetaat	45. 10 ⁻⁸	9. 10 ⁻⁸	5
Nitrobenzol	35. 10 ⁻⁸	412. 10 ⁻¹⁰	8.4
Terpineol	44. 10 ⁻⁷	185. 10 ⁻⁹	24
Aethylbisulfide	5. 10 ⁻⁹	3. 10 ⁻¹⁰	17

Guajacol	$5 \cdot 10^{-8}$	$37 \cdot 10^{-10}$	14
Valeriaanzuur	$41 \cdot 10^{-10}$	$21 \cdot 10^{-10}$	2
Pyridine	$1597 \cdot 10^{-11}$	$1625 \cdot 10^{-10}$	0.1
Skatol	$19 \cdot 10^{-11}$	$35 \cdot 10^{-11}$	0.5

Hoewel men komt tot waarden van dezelfde orde, is het, zooals uit bovenstaande getallen blijkt, niet geoorloofd, de minima perceptibilia, met den olfactometer bepaald en in cM. uitgedrukt, om te zetten in een absolute maat in gr. De verschillende wijze van verdamping en de adsorptie maken hier fouten, die zelfs schattenderwijs voorloopig niet op te heffen zijn.

Overigens moet men niet uit het oog verliezen, dat ook de geheel uiteenlopende manier van ruiken, aan den olfactometer eenerzijds en aan de reukkast anderzijds, zeer wel voor een goed deel oorzaak van de gevonden verschillen kan zijn.

HOOFDSTUK III.

§ 1. Eenvoudige Reactietijd.

Onder eenvoudigen reactietijd wordt verstaan de tijd, noodig, om op een prikkel met een bepaalde willekeurige beweging, te reageeren, m.a.w. de tijd, verloopend tusschen 't oogenblik van prikkeling en 't oogenblik, waarop het tot stand komen van een sensatie wordt gesignaleerd. Tot het aanwenden van den prikkel, in casu reukprikkel, hebben we ons bediend van den olfactometer, waarbij de aspiratie, in ons vorig hoofdstuk beschreven, vervangen werd door den natuurlijke aspiratiestroom.

Het luchtreservoir wordt verwijderd en door de dwarsplaat, die den cylinder gedurende de proef scheiden zal van de proefpersoon, een aan een einde omgebogen ruikbuis geschoven. Aan deze is, daar, waar ze zich ombuigt, een T-vormig stuk aangebracht ¹⁾, dat door middel van een gummibuis in verbinding gebracht wordt met een Mareyschen tambour, die bij 't geringste drukverschil in den olfactometer zijn hefboom langs een roteerenden trommel van een kymographion op en neder beweegt.

Tusschen het T-vormig stuk en de caoutchoucslang

¹⁾ Zwaardemaker, „Die Physiologie des Geruchs" '95, p. 198.

is een klein fleschje ingeschakeld, zoodanig, dat het T-stuk bovenin uitmondt en de slang verbonden wordt aan een buisje, dat tot den bodem reikt.

Dit luchtreservoir dient, om te beletten, dat gedurende een inademing de caoutchouc-buis zelf geroken wordt, wat een quantitatieve stoornis van den reukprikkel zou geven.

De willekeurige beweging na het waarnemen van den reukprikkel uitte zich in een met de hand gegeven electrisch, z.g. Pfeil'sch signaal, dat vlak onder de aspiratie-curve op de beroete vlakke schrijft. Tevens was een chronoscopische inrichting aangebracht, die $\frac{1}{10}$ sec. registreerde.

Rustig ademen zal den luchtstroom veel langzamer van de reukbron naar het reukslijmvlies brengen dan snelle, schoksgewijze aspiratie. Waar we dit uitsluitend physische gedeelte van den reactietijd zooveel mogelijk wenschen te bekorten, is 't noodig snuffelend, stoots-gewijze te ruiken; dit zal tevens het begin der prikkeling als een scherpe ombuiging in de aspiratielijn markeeren.

Ik bediende me van middelmatig sterke prikkels b.v. van 5 tot 10 olfactiën ¹⁾, die een nauwelijks merkbare vermoeienis zullen geven, zoodat een reeks bepalingen snel achtereen konden gedaan worden. Met hoogstens 20 à 25 aspiraties werd een reeks gesloten, omdat er gevaar bestaat in een rythmus te vervallen, daarom werden ook tusschen de aspiraties nu en dan eenige normale inspiraties ingeschoven en de neus na iedere inspiratie even van de ruikbuis verwijderd. De proeven met verschillende prikkelsterkten werden steeds direct na elkaar gedaan,

¹⁾ waaronder te verstaan een prikkel, die 5 en 10 maal sterker is dan 't minimum perceptibile.

dus onder zooveel mogelijk dezelfde omstandigheden.

Tusschen de proeven werd de ruikbuis niet telkens gereinigd; de toename van den oorspronkelijken prikkel door de aan de ruikbuis hangen blijvende reukstof is niet van dien aard, dat dit de resultaten merkbaar zou beïnvloeden.

Terwijl 't kymographion stil stond, werd de 0-stand van de schrijfnaald der aspiratie-curve en van 't electrisch signaal genoteerd.

De reactietijd werd berekend, door den afstand van de ombuiging der aspiratie-curve tot den uitslag van het signaal op de tijdcurve af te meten.

Achtereenvolgens werden de 9 reukstoffen aan een onderzoek onderworpen.

De waarnemingen geschieden in reeksen, die afzonderlijk berekend zijn geworden, terwijl het aantal afzonderlijke observaties telkens vermeld is.

Standaardgeur.	Prikkel- sterkte in olfactiën.	Reactietijd in sec.	Aantal waar- nemingen.
Isoamylacetaat	5	0.57	15
"	"	0.57	10
"	"	0.59	9
"	10	0.45	20
"	"	0.62	8
Nitrobenzol	5	0.54	9
"	"	0.65	10
"	10	0.54	9
"	"	0.52	14
"	"	0.69	10
"	"	0.42	12
"	"	0.65	9
"	"	0.60	11
Terpineol	$\frac{1}{2}$	0.69	20
"	"	0.65	11

Standaardgeur.	Prikkel- sterkte in olfactiën.	Reactietijd in sec.	Aantal waar- nemingen.
Terpineol	5	0.63	20
"	"	0.63	12
"	"	0.76	6
"	"	0.65	11
Muscon	5	0.42	20
"	"	0.65	16
"	10	0.40	19
"	"	0.65	18
Aethylbisulfide	5	0.63	20
"	"	0.71	12
"	10	0.62	20
"	"	0.66	9
Guajacol	1.5	0.68	9
"	3	0.67	9
"	5	0.41	20
"	"	0.54	9
"	10	0.38	20
"	"	0.48	14
Valeriaanzuur	10	0.40	20
"	"	0.42	20
"	"	0.45	9
"	20	0.40	16
"	"	0.58	5
"	"	0.53	12
"	40	0.49	18
"	80	0.52	14
Pyridine	5	0.53	25
"	"	0.56	11
"	10	0.48	25
"	"	0.55	12
Skatol	100	0.42	25
"	"	0.47	12
"	200	0.37	25
"	"	0.45	11

Als algemeen gemiddelde kan ik voor de negen standaardgeuren aldus opgeven:

Standaardgeur.	Prikkel- sterkte in olfactiën.	Reactietijd in sec.	Waarschijn- lijke fout in %.
Isoamylacetaat	5	0.58	9
"	10	0.50	13
Nitrobenzol	5	0.60	22
"	10	0.56	16
Terpineol	21 $\frac{1}{2}$	0.67	13
"	5	0.65	3
Muscon	5	0.53	18
"	10	0.51	19
Aethylbisulfide	5	0.66	12
"	10	0.64	13
Guajacol	11 $\frac{1}{2}$	0.68	11
"	3	0.67	5
"	5	0.45	12
"	10	0.42	11
Valeriaanzuur	10	0.42	13
"	20	0.48	16
"	40	0.49	10
"	80	0.52	18
Pyridine	5	0.54	9
"	10	0.50	8
Skatol	100	0.44	10
"	200	0.39	14

Een verkorting van den reactietijd met de toename der prikkelsterkte spreekt ten duidelijkste bij alle reukstoffen, behalve bij valeriaanzuur.

Hoe dichter men nadert tot 't minimum perceptibile, des te meer tijd vordert de herkenning van de reukstof als zoodanig, dus des te langer de reactietijd.

Invloed der oefening, zoo aanwezig, kan als zeer onbeteekenend aangemerkt worden, blijkt in ieder

geval uit geen enkele der reeksen. De vermoeienis is bij niet te sterke prikkels van geringen invloed; voor muscon alleen was ik spoedig vermoeid, zoodat ik na een paar aspiraties een minuut moest rusten.

In het oog vallend zijn ook de niet onaanzienlijke afwijkingen op verschillende dagen voor eenzelfde reukstof. Dat in dezen de wisselende toestand der opmerkzaamheid een rol speelt, mag als zeker aangenomen worden, al zijn geen speciale proeven in die richting genomen. Evenwel, ook kan gedacht worden aan een meer of minder vrij-zijn van de reukbaan, aan een moeilijker, resp. gemakkelijker opname van reukmoleculen ten gevolge van wisselende vochtigheid of bloedvulling van de regio olfactoria.

De reactietijd wordt gerekend vanaf 't begin van een inspiratie, in de curve kenbaar aan een plotseling dalen van de lijn; nu is het echter duidelijk, dat dan de reukprikkel het reukorgaan nog geenszins kan bereikt hebben.

Zien we af van de diffusiebaan, die moet worden atgelegd en van het tijdsverloop, dat de reukstof op den uitlooper der ruikcellen inwerkt, zoo komt voornamelijk in aanmerking de tijd, noodig, om de riekende moleculen te brengen tot bij de reukspleet.

Om nu de stroomsnelheid in de ruikbuis te leeren kennen, maken we gebruik van de *aerodromograaf*¹⁾. Deze bestaat uit een reservoir, tot aan een overloop met ligroïne gevuld en waarvan de bodem doorboord

1) *Gevers Leuven*, Bijdrage tot de aërodynamica der luchtwegen. Diss. Utrecht 1903.

Zwaardemaker en Ouwehand, Arch. f. Anat. und Physiol. 1904, p. 241.

Ouwehand, Ned. Tijdschr. voor Geneesk. '04, I p. 956.

is door twee naar buiten uitmondende buisjes, over welke twee klokjes van gelatine hangen, die door middel van twee dunne staafjes opgehangen zijn aan een juk, dat aan den eenen kant is voorzien van een aluminium schrijfnaald en aan den anderen van een klein tegengewichtje. De naar buiten uitmondende einden van de buisjes worden door gummislangetjes verbonden aan twee Pitot'sche buisjes, die in een wijdere buis uitmonden, terwijl deze dan 't uiteinde van de ruikbuis bevestigd wordt.

Wordt aan 't andere einde een snuffelbeweging uitgevoerd, zoo zal het eene klokje omhoog gedreven, het andere naar beneden gezogen worden. Hoe sneller de aspiratie, hoe grooter de uitslagen van de schrijfnaald.

De schrijfnaald wordt nu met geringen druk tegen de beroete vlakke van 't kymographion geschoven en bij rondwenteling wordt iedere snuffelbeweging op volkomen wijze weêrgegeven. De grootte van de uitslagen, dus de gemiddelde hoogte van de curve laat zich gemakkelijk meten; deze bedroeg uit 26 aspiraties gemiddeld 14.2 mM.

We willen nog kennen de stroomsnelheid, beantwoordend aan dezen uitslag. Daarom werd wederom een curve met de schrijfnaald geschreven, maar, terwijl al het overige onveranderd werd gelaten, was 't in plaats van de neus nu de waterstraalzuigpomp, die met tusschenschakeling van een gasmeter aspireerde. Op deze wijze werd per mM. uitslag en per sec. een luchtverplaatsing gevonden van 17.2 cM³. als een gemiddelde.

Het door de aspiratie teweeggebrachte luchttransport kan aldus berekend worden op 244 cM³. Eenigen tijd later is deze proef herhaald en kwam ik tot een ademluchttransport van 210 cM³., gemiddeld dus 227 cM³.

In 1 sec. beweegt zich door de ruikbuis 227 cM^3 lucht. Het lumen bedraagt $5 \text{ mM}.$, het areaal 19.6 mM^2 . De lineaire snelheid moet derhalve hebben bedragen 12 M. per sec. Over een afstand van $20 \text{ cM}.$, de lengte der ruikbuis, beweegt zich de luchtstroom in 0.02 sec.

Kies ik uit de reactietijden voor verschillende reukstoffen die, welke door matig sterke prikkels (5 en 10 olf.) tot stand zijn gebracht, zoo krijg ik als reactietijd voor den reukzin als gemiddelde uit de 9 stoffen 0.54 sec. en elimineer ik den weg van cylinder tot neus, zoo resteert 0.52 sec. , een bedrag, dat de reactietijden der andere zintuigen (met uitsluiting van den smaakzin) verre overtreft.

Langs anderen weg kwam Beaunis ¹⁾ tot een zelfde resultaat en vond als een gemiddelde uit 10 verschillende reukstoffen een waarde van 0.546 sec.

§ 2. Vermoeienis.

Wordt het reukzintuig eenigen tijd met ééNZelfde reukstof geprikkeld, dan blijkt, dat het tijdelijk voor dien prikkel afgestompt is en respiratie in frissche lucht het langzaam tot den normalen toestand terugbrengt.

Dit proces der vermoeienis hebben we nagegaan bij enkele der standaardgeuren (isoamylacetaat, nitrobenzol, valeriaanzuur en skatol) en wel hebben we den reactietijd van 't door een der genoemde stoffen vermoeide zintuig bepaald.

De opstelling was als in ons vorig hoofdstuk beschreven, doch naast den eenen olfactometer werd

¹⁾ H. Beaunis Compt. rend. Acad. Science Paris p. 387. 1883.

een tweede geplaatst, voorzien van een zelfden cylinder als de eerste. Beide olfactometers werden nu over zekeren afstand uitgeschoven. Aan den eenen kwam het tot eenige diepe aspiraties en dan werd onmiddellijk — terwijl het kymographion in beweging gebracht werd, — aan den anderen, eveneens uitgeschoven, geroken en het oogenblik van gewaarwording door 't signaal genoteerd.

Wenschte ik de vermoeienis zoo sterk mogelijk, dan schoof ik in den zooeven genoemden olfactometer den cylinder over zijn geheele lengte uit (of vergemakkelijkte dit, door hem in de hand te houden en direct te ruiken aan een klein buisje, dat er juist inpaste en de cylinderlengte slechts met 1.5 cM. verkleinde.

Achtereenvolgens werd de reactietijd van de genoemde vier stoffen bepaald, eerst na vermoeienis met de stof zelf, daarna na vermoeienis met de drie andere.

De proef werd eerst herhaald, nadat aangenomen kon worden, dat het zintuig volkomen uitgerust was.

Er werden steeds meerdere reeksen van een stof bepaald en dan vaak op verschillende wijze b.v. werd eerst rechts vermoeid, daarna de reactietijd links bepaald of afwisselend bij iedere aspiratie.

Ter vergelijking werd vooraf telkens de normale reactietijd bepaald.

<i>Isoamylacetaat</i>	{	5 olfact.	0.59 sec.
Normale reactietijd	{	10 „	0.62 sec.

Reactietijd van 3 cM. isoamylacetaat (10 olfactiën) na vermoeienis met 3 aspiraties van 3 cM. isoamylacetaat.

R. vermoeid. R. vermoeid. L. verm. L. verm. L. verm.
R. geroken. L. geroken. L. gerok. R. gerok. R. gerok.

Eerste gewaarwording bij allen bij de 3e aspiratie.

1.4 sec.	1.1 sec.	1.4 sec.	1.6 sec.	1.7 sec.
1.6	1.1	1.0	1.5	1.5
1.2	0.7	1.1	1.4	1.35
1.1	0.8	0.9	1.4	1.3
1.1		0.7		1.1
0.9		0.7		1.0 (na 100 sec.)
0.8		0.9		40 sec. gewacht
0.9		0.9		0.9
0.7				0.85
0.8				0.9
0.65				50 sec. gewacht
				0.8
				0.65
				0.8
				0.6
				0.5
				(na 4 min.)

*Reactietijd van 10 olf. isoamylacetaat na vermoeienis
 met 8.5 cM. nitrobenzol (20 aspir.)*

<i>R. vermoeid.</i>	<i>R. vermoeid.</i>	<i>L. vermoeid.</i>	<i>L. verm.</i>	<i>R. verm.</i>
<i>R. geroken.</i>	<i>R. geroken.</i>	<i>L. geroken.</i>	<i>R. gerok.</i>	<i>L. gerok.</i>
1.1 sec.	1.0 sec.	1.0 sec.	1.0 sec.	1.1 sec.
0.9	1.1	0.9	1.1	1.0
0.7	1.3	0.9	0.9	1.15
0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
0.65	1.1		0.8	0.95
0.7	1.0		0.7	1.0
0.7	1.0		0.85	0.9
0.8	0.8		0.7	
0.8				

Na vermoeienis met 5 aspiraties van 8.5 cM.

Valeriaanzuur.

<i>R. vermoeid.</i>	<i>L. vermoeid.</i>	<i>R. vermoeid.</i>
<i>R. geroken.</i>	<i>R. geroken.</i>	<i>R. geroken.</i>
1.0 sec.	1.2 sec.	1½ min. gewacht
1.0	1.3	0.8
1.1	0.9	0.7
1.0	1.0	0.65
1.0	1.1	0.65
1.15	1.0	0.7
0.95	1 min. gewacht	0.6
0.85	0.7	0.55 (na 3 min.)
1.0	0.65	
	0.7	
	0.6 (na 3 min.)	

Reactietijd van 5 olfact. isoamylacetaat na vermoeienis met 20 aspir. 0.85 cM. skatol.

0.7 sec	0.6 sec.
0.5	0.5
0.7	0.6
0.6	0.7
0.7	0.75
0.8	0.6
0.7	0.55
0.6	0.65
0.6	0.6
0.5	0.5
gemidd. 0.64 sec.	gemidd. 0.60 sec.

Nitrobenzol.

Normale reactietijd 10 olf. 0.52 sec.

Na vermoeienis met 3 aspiraties van 16 olfact. nitrobenzol (1.5 cM).

<i>R. vermoeid.</i>	<i>R. vermoeid.</i>	<i>R. verm.</i>	<i>L. verm.</i>	<i>L. verm.</i>
<i>R. geroken.</i>	<i>R. geroken.</i>	<i>L. gerok.</i>	<i>L. gerok.</i>	<i>R. gerok.</i>
1.5 sec.	1.5 sec.	1.2 sec.	0.9 sec.	1.7 sec.
1.45	1.55	1.0	0.85	1.7
1.15	1.3	0.9	1.1	1.4
0.95	1.3	0.8	0.95	0.0
1.3	1.1	0.75	0.9	0.9
1.1	1.2	0.75		0.8
0.7	1.4	0.7		
0.9	1.0	0.6		
0.5	0.7			
0.6 (na 2 min.)	0.8 (na 40 sec.)			

*Na vermoeienis met 20 aspiraties van 8.5 cM.
isoamylacetaat.*

0.7 sec.	0.5 sec.	0.6 sec.	0.7 sec.
0.45	0.4	0.5	0.4
0.5	0.4	0.4	0.55
0.5	0.5	0.5	0.6
0.7	0.55	0.5	0.6
0.4	0.4	0.55	0.55
0.4	0.5	0.4	0.5
gemidd. 0.54 sec.	0.46 sec.	0.49 sec.	0.55 sec.

*Na vermoeienis met 20 aspiraties van 8.5 cM.
Valeriaanzuur.*

0.8 sec.	0.45 sec.	0.5 sec.	0.55 sec.
0.6	0.55	0.5	0.5
0.5	0.45	0.5	0.7
0.5	0.4	0.55	0.6
0.55	0.5	0.65	0.6
0.5	0.4	0.6	0.59 sec.
0.4	0.5	0.65	
0.4	0.45	0.7	
gemidd. 0.53 sec.	0.5	0.5	
	0.47 sec.	0.57 sec.	

Normale reactietijd nitrobenzol 10 olf. 0.69 sec. Na vermoeienis met 10 aspiraties van 5 cM skatol.

	0.9	0.8
	0.65	0.8
	0.8	0.7
	0.6	0.65
gemidd.	0.73 sec.	0.73 sec.

Na vermoeienis met 20 aspiraties van 5 cM. skatol.

	0.4 sec.	0.65 sec.	0.6 sec.
	0.55	0.65	0.45
	0.65	0.65	0.7
	0.5	0.55	0.65
	0.55	0.55	0.60 sec.
gemidd.	0.53 sec.	0.61 sec.	

Valeriaanzuur. { 20 olf. 0.58 sec.
Normale reactietijd { 40 olf. 0.49 sec.

Reactietijd van 20 olf. valeriaanzuur *Reactietijd van 40 olf. valeriaanzuur*
na vermoeienis met 3 aspir. van 32 olf. valeriaanzuur. *na vermoeienis met 3 aspir. van 40 olf. valeriaanzuur.*

1 ^e gewaarwording na 23 sec.	1 ^e gewaarw. na 20 sec.	1 ^e gewaarw. na 14 sec.
1.3 sec.	1.1 sec.	1.4 sec.
1.4	1.0	1.3
1.5	1.4	1.0
0.8	1.2	0.9
0.9	1.3	1.0
0.9	1.2	1.0
0.7		1.0
0.7		0.8
0.8		0.8
		0.6
		0.7
		0.7

*Normale reactietijd 80 olf. valeriaanzuur 0.52 sec.
Na vermoeienis met 3 aspir. van 1.5 cM. isoamylacetaat.*

<i>L. vermoeid.</i>		<i>R. vermoeid.</i>		<i>R. vermoeid.</i>	
1e aspir. niets ger.		1e aspir. niets ger.		1.4 sec. L. geroken.	
1.4 sec. R. geroken.		1.2 sec. L. geroken.		1.3	R. "
1.0	L. "	1.0	R. "	1.3	L. "
0.8	R. "	1.0	L. "	1.1	R. "
0.75	L. "	0.8	R. "	1.0	L. "
0.7	R. "	1.0	L. "	1.0	R. "
0.75	L. "	1.0	R. "	0.9	L. "
0.8	R. "			0.9	R. "
0.6	L. "				

*Normale reactietijd van 20 olf. valeriaanzuur 0.53 sec.
Na vermoeienis met 20 aspiraties van 8.5 cM. nitrobenzol.*

0.6 sec.	0.65 sec.
0.5	0.6
0.65	0.6
0.5	0.6
0.4	0.55
0.5	0.6
0.45	0.7
0.5	0.61 sec.
gemidd. 0.51 sec.	

Na vermoeienis met 20 aspiraties 0.85 cM. skatol.

0.5 sec.	0.6 sec.
0.45	0.45
0.5	0.5
0.4	0.5
0.5	0.45
0.55	0.6
0.45	0.7
gemidd. 0.48 sec.	
	0.54 sec.

Skatol. Normale reactietijd van 200 olf. 0.45 sec.

*Na vermoeienis met 3 aspiraties van 1.5 cM. skatol.
(600 olf.)*

1.2 sec.	<i>R. vermoeid.</i>	<i>Vermoeid door</i>
1.1		<i>5 oppervl. aspir.</i>
1.3	0.9 sec. R. geroken.	
0.8	0.8 L. „	0.8 sec.
0.9	0.7 R. „	0.6
0.7	0.6 L. „	0.7
0.7	0.6 R. „	0.6
0.55	0.7 L. „	0.6
0.55	0.55 R. „	0.5
0.6		0.4 na 50 sec.
0.45 na 3 min.		

Normale reactietijd van 100 olf. skatol. 0.47 sec.

Na vermoeienis met 20 aspir. van 8.5 cM. isoamylacetaat.

0.5 sec.	0.6 sec.
0.5	0.55
0.5	0.7
0.4	0.5
0.45	0.6
0.5	0.6
0.5	gemidd. 0.58 sec.
0.55	
0.7	
0.5	
0.4	
gemidd. 0.50 sec.	

Na vermoeienis met 20 aspiraties van 8.5 cM. nitrobenzol.

0.9 sec.	0.7 sec.	0.6 sec.
0.9	0.5	0.7
1.0	0.7	0.7
0.7	0.7	0.65
0.65	0.8	0.8
0.7	0.7	0.8
0.6	0.7	0.6
0.55	0.8	0.5
0.5	0.8	0.5
0.45	0.8	0.6
0.5	gemidd. 0.72	gemidd. 0.64 sec.
0.4		
0.5		
gem. 0.57 sec.		

Na vermoeienis met 20 asp. van 8.5 cM. valerianzuur.

0.5 sec.	0.4
0.35	0.45
0.4	0.55
0.45	0.4
0.4	0.4
0.45	0.35
0.5	gemidd. 0.44 sec.
0.4	
gemidd. 0.43 sec.	

De uitkomsten van deze proeven in een korte tabel weergegeven :

Na vermoeienis met :	Verlenging van reactietijd.	Onveranderde reactietijd.
Isoamylacetaat	Isoamylacetaat Valeriaanzuur	Nitrobenzol
Nitrobenzol	Nitrobenzol Isoamylacetaat	Valeriaanzuur
Valeriaanzuur	Valeriaanzuur Isoamylacetaat	Nitrobenzol
Skatol	Skatol	Isoamylacetaat Nitrobenzol Valeriaanzuur

Een *geringe* verkorting van den reactietijd van skatol werd verder nog waargenomen bij vermoeienis met valeriaanzuur; een *geringe* verlenging van diezelfde stof bij vermoeienis met isoamylacetaat en nitrobenzol.

Overzien we de resultaten van deze proeven, dan constateeren we een duidelijke verlenging van reactietijd, wanneer met de stof zelf is vermoeid, en wel is deze vermoeienis bilateraal d.w.z. 't maakt geen verschil, of men rechts dan wel links den reactietijd bepaalt, als men slechts éénzijdig vermoeid heeft.

Een drietal diepe inademingën van middelmatig sterke prikkels zijn dan voldoende, om duidelijke verlenging aan te toonen; eerst na eenige minuten is de normale reactietijd geleidelijk teruggekomen.

Is onze reukzenuw door eenige reukstof vermoeid, dan breidt zich deze inperking van reactie-vermogen ook uit, al is het dan in veel geringere mate, over enkele andere stoffen.

Zoo is de reactietijd van isoamylacetaat verlengd,

wanneer vooraf met nitrobenzol of valerianaanzuur vermoeid was. Omgekeerd echter is de reactietijd van nitrobenzol niet verlengd na vermoeienis met isoamylacetaat; deze daarentegen verlengt den reactietijd van valerianaanzuur weer wel. Het reactievermogen van skatol schijnt door vermoeienis met isoamylacetaat en nitrobenzol beperkt, met valerianaanzuur eerder uitgebreid te worden.

Het bilaterale van de vermoeienis bij éézijdige prikkeling doet het zeer waarschijnlijk worden, dat de vermoeienis in een gemeenschappelijk centrum (b.v. in de schors van den ammonshoorn) tot stand komt en dat dit centrum samenhangt met de beide perifere zintuighelften.

§ 3. „Unterschiedsschwelle”.

Door Weber is 't eerst een vaste betrekking gevonden tusschen gewaarwordingen, opgewekt door verschillend sterke prikkels.

Zij bestaat hierin, dat een prikkeltoename, die een nog juist waarneembare verandering der gewaarwording te voorschijn roept, steeds in dezelfde verhouding moet staan tot de grootte van den eerst aangewenden prikkel.

Noemen we den prikkel R , de prikkeltoename ΔR , dan is de minimale verandering der gewaarwording of „Unterschiedsschwelle” ¹⁾ genoemd, gelijk aan $\frac{\Delta R}{R}$. Deze wet van Weber is op ieder zintuigelijk gebied binnen zeer verre grenzen bekrachtigd geworden

¹⁾ *H. Wundt Grundzüge der physiol. Psychologie* 1880 I S. 326.

Zwaardemaker heeft haar in zijn *Physiologie des Geruchs* speciaal voor caoutchouc en was nagegaan en beschreven. Miss Gamble verrichtte uitgebreide onderzoekingen op dit gebied der psychophysica met onderscheiden proefpersonen en zoowel vaste als vloeibare reukstoffen. Beide experimentatoren vonden Weber's wet ook op den reukzin van toepassing. Volgens Gamble ligt de „Unterschiedsschwelle” bij 't meerendeel der proefpersonen tusschen $\frac{1}{3}$ en $\frac{1}{4}$ en vindt „no great variation from one substance to another or from one of Zwaardemakers classes to another.” ¹⁾

Volgens de methode der nog juist herkenbare verschillen, zooals ook Gamble die toepaste, hebben we de „Unterschiedsschwelle” voor de negen standaardgeuren bepaald, waarbij wij als volgt te werk gingen:

Twee cylinders met dezelfde reukstof gevuld, werden naast elkaar over twee ruikbuizen geschoven en op 't O-punt ingesteld.

Beide werden over denzelfden afstand uitgeschoven, waarna met hetzelfde neusgat zoo snel mogelijk na elkaar geroken werd. De reukprikkelers waren in dit geval gelijk, dus was ook de gewaarwording dezelfde. Door middel van een schroef kan een der cylinders gemakkelijk voortbewogen worden. Schuift men dezen nu genoegzaam vooruit, dan wordt een duidelijk onderscheid gemerkt met den anderen. Door nu eens vooruit, dan achteruit te schuiven, wordt eindelijk een punt gevonden, beneden welk geen, waarboven een duidelijk onderscheid met den anderen cylinder waargenomen wordt. Nu is de verhouding van deze prikkeltoename tot den prikkel, waarvan we uit-

¹⁾ E. A. Mc. Culloch Gamble *The Applicability of Weber's Law to Smell*. Amer. Journal of Psychol. 1898. Oct. Vol. X.

gingen, voor verschillende prikkelsterkten en voor verschillende geuren constant.

De adhaesie van de reukstof aan den glaswand is een storende factor, die bij de eene reukstof meer op den voorgrond treedt dan bij den ander; duurde een onderzoek bij een bepaalde prikkelsterkte lang, dan zou R aan 't eind der proef grooter geworden zijn, daarom werd de ruikbuis herhaaldelijk gedurende de proeven gereinigd.

Autosuggestie is van niet te miskennen invloed op de resultaten van deze proeven; heeft men eenmaal de „Unterschiedsschwelle” voor een bepaalden prikkel gevonden, dan ontkomt men moeilijk aan de suggestie een tweede maal niet eveneens onderscheid tusschen deze prikkels te bemerken; daarom werd ΔR aldus bepaald: achter een scherm verborgen, werd de tweede cylinder willekeurig uitgeschoven en van dit punt werden door vooruit- en achteruitschuiven, vergelijkingen tusschen beide cylinders gemaakt; zoo is men steeds onbewust van den stand van den tweeden cylinder.

Voor iedere reukstof werden twee prikkelsterkten gekozen en met ieder drie waarnemingen verricht, waarvan de gemiddelden hieronder volgen als waarden van de „Unterschiedsschwelle” en wel is de prikkel zelf in den noemer, de prikkeltoename in den teller als cm. weer te vinden. De „Unterschiedsschwelle” werd daarnevens procentsgewijs uitgedrukt.

<i>Standaardgeur.</i>	<i>„Unterschiedsschwelle”.</i>	
Isoamylacetaat $\frac{1}{2}$ ‰	$\frac{0.6}{2} = 30 \%$	$\frac{1.2}{5} = 24 \%$
Nitrobenzol 5 ‰	$\frac{0.5}{2} = 25 \%$	$\frac{1.3}{5} = 26 \%$
Terpineol 2.5 ‰	$\frac{0.8}{2} = 40 \%$	$\frac{1.8}{5} = 36 \%$

<i>Standaardgeur.</i>	<i>„Unterschiedsschwelle.”</i>	
Muscon 0.627 ‰	$\frac{0.9}{2} = 45 \%$	$\frac{2.3}{5} = 46 \%$
Aethylbisulfide 1 ‰	$\frac{0.6}{2} = 30 \%$	$\frac{1.8}{5} = 36 \%$
Guajacol 1 ‰	$\frac{0.7}{2} = 35 \%$	$\frac{2.3}{5} = 46 \%$
Valeriaanzuur 1 ‰	$\frac{0.9}{2} = 45 \%$	$\frac{1.9}{5} = 38 \%$
Pyridine 1 ‰	$\frac{0.3}{1} = 30 \%$	$\frac{0.9}{3} = 30 \%$
Skatol 1 ‰	$\frac{1.2}{2} = 60 \%$	$\frac{3.1}{5} = 62 \%$

Neemt men 't algemeen gemiddelde van deze waarden dan wordt de „Unterschiedsschwelle” 38 ‰ van den prikkel, een waarde, die zich volkomen aansluit bij die van Gamble. Een opmerking, die Gamble verder maakt, dat de „Unterschiedsschwelle” voor zwakke prikkels geringer zou zijn, geldt eveneens voor nitrobenzol, muscon, aethylbisulfide, guajacol, en skatol; gemiddeld echter is 't verschil der „Unterschiedsschwelle” voor verschillende prikkelsterkten onbeduidend: voor zwakke prikkels 37.8 ‰, voor 2 à 3 maal sterkere 38.2 ‰.

HOOFDSTUK IV.

Unilaterale reukcompensatie.

Worden twee geuren tegelijk het reukslijmvlies toegevoerd, dan worden deze niet naast elkaar waargenomen, maar steeds een van beiden; wordt deze laatste geleidelijk verzwakt, dan komt er een oogenblik, waarop noch de eene noch de andere geur bemerkt wordt. De twee indrukken heffen elkaar wederzijds op. Deze neutraliseering van verschillende geuren is bekend onder den naam van reukcompensatie.

Over de compensatie der geuren heeft Zwaardemaker 't eerst omvangrijke onderzoekingen medegedeeld ¹⁾.

Dat deze reuklooze menging geen chemisch maar een physiologisch proces is, bewijst Zwaardemaker, door in ieder neusgat afzonderlijk een reukstof te brengen; dan blijkt ondanks een volkomen scheiding compensatie eveneens op te treden. Compensatie berust dus op een onderling verdringen van de eene gewaarwording door de andere.

Voor de studie der compensatie is het gebruik der olfactometrische methode onmisbaar, want door haar alleen is men in staat de reukprikkel nauwkeurig en snel te doseeren. Twee juist even lange ruikbuizen,

¹⁾ Zwaardemaker, die Physiologie des Geruchs 1895, p. 165.

in eenzelfde vertikale plaat gevoegd, monden uit in een kanaal, dat toegang geeft tot een luchtreservoir van 100 cM³. inhoud. Worden nu twee reukcylinders over zekeren afstand over de beide ruikbuizen geschoven, dan kan de aspiratiezuigpomp een luchtstroom over beide reukvlakten voeren en zal in het gemeenschappelijk kanaal een menging der beide geuren tot stand komen, waarvan men zich na $\frac{1}{4}$ minuut aan 't ruikbuisje overtuigt. Gewenscht is beide cylinders over zekeren afstand gelijktijdig uit te schuiven, dit wordt zeer vergemakkelijkt, door langs een der horizontale richels een ringetje vast te schroeven, waartegen de cylinder stuiten zal; terwijl nu de andere cylinder telkens over verschillende lengte verschoven wordt, kan gene terzelfder tijd over steeds denzelfden afstand verschoven worden. Door eenige proeven, waarbij adhaesie van geuren verwaarloosd wordt, is men heel snel georiënteerd omtrent de verhouding, waarin ongeveer compensatie zal optreden.

Aan de uitslaggevende proef dient echter steeds reukeloosheid van het luchtreservoir vooraf te gaan. Door den eenen cylinder nu eens te ver, dan te weinig te verschuiven en tegelijk den anderen over telkens denzelfden afstand, nadert men allengs het punt, waarop niets geroken wordt. In mijne proeven werd dit oogenblik, waarop compensatie intrad steeds vier maal bepaald, soms, wanneer de uitkomsten onzeker waren, meerdere malen. De gemiddelden van deze verhoudingen werden dan in olfactiën omgezet, zoodat een onderlinge vergelijking van verschillende compensaties mogelijk wordt.

Niet steeds echter is het mogelijk volkomen compensatie te verkrijgen, maar moet men zich tevreden stellen met een niet nader te defineeren geur, die dan echter veel zwakker is dan iedere geur afzonder-

lijk en zoo treedt ook een enkele maal een menggeur op, doch ook weder sterk verzwakt; lost een dergelijke menggeur door ongelijke vluchtigheid der geuren, als ook wegens de ongelijke vermoeibaarheid van het reukorgaan voor verschillende prikkels, zich op in zijn componenten, dan ontstaat wedstrijd, zoodat nu eens de eene dan de andere geur meer op den voorgrond treedt of wel beiden worden vlak na elkaar waargenomen, doch ook hier is dan weer iedere geur zeer veel zwakker dan, wanneer men na de proef iederen geur afzonderlijk ruikt.

Compensatie is vaak mogelijk over zekere uitgebreidheid van prikkels, vooral, als men sterkere prikkels neemt; bij zwakke zijn de elkaar compenserende waarden scherper begrensd. 't Is dan ook niet gewaagd deze compensatiebreedte in verband te brengen met de „Unterschiedsschwelle”, waar immers bij zwakke prikkels een geringe, bij sterke een grootere verschuiving van den cylinder vereischt werd, om de prikkeltoename te herkennen.

Vermoeienis, die bij verschillende reukstoffen in wisselende mate optreedt, kan ook op de compensatieproeven een grooten invloed uitoefenen.

Trachten we, eenigszins vermoeid, twee geuren te compenseeren, dan zal bij wedstrijd steeds diegene 't eerst waargenomen worden, waarvoor men minder snel vermoeid wordt. 't Is daarom van veel gewicht met volkomen uitgerust zintuig te werken en zal men liever zwakke dan sterke prikkels verkiezen.

Naast de vermoeienis kan de reactietijd bij compensatieproeven als een belangrijke factor optreden. Zoo werd bij combinatie van isoamylacetaat en pyridine geen volkomen compensatie verkregen, maar kwam telkens eerst de pyridine, dan pas isoamylacetaat tot gewaarwording, wat ongetwijfeld hier in verband

staat met den reactietijd, die bij pyridine gemiddeld 0.52 sec. bij isoamylacetaat 0.54 sec. is.

Worden p olfactiën van de eene reukstof gecompenseerd door q olfactiën van een andere, dan blijkt dit verhoudingsgetal over 't algemeen ook van kracht voor np en nq olfactiën, hoewel de compensatie, ontstaan door samenvoeging van zwakke prikkels, in veel gevallen bij sterkere prikkels, in een wedstrijd verandert ¹⁾.

Wanneer men in den dubbelen olfactometer telkens twee der 9 reukstoffen samenvoegt, kan men in 't geheel 36 combinaties verkrijgen.

Als voorbeeld van de wijze, waarop een compensatie verkregen wordt, diene de volgende combinatie:

2 cM.	isoamylac.	+ 1 cM.	nitrob.	=	duidelijk nitrobenz.
2	"	+ 0.5	"	=	isoamylacetaat.
2	"	+ 0.8	"	=	nitrobenzol.
2	"	+ 0.7	"	=	0.
3.5	"	+ 1.5	"	=	nitrobenzol.
3.5	"	+ 1	"	=	onzeker.
3.5	"	+ 0.8	"	=	isoamylacetaat.
3.5	"	+ 1.1	"	=	0.
2	"	+ 0.7	"	=	zwak isoamylacet.
2	"	+ 0.6	"	=	isoamylacetaat.
2	"	+ 0.8	"	=	0.
3.5	"	+ 1.3	"	=	nitrobenzol.
3.5	"	+ 0.9	"	=	isoamylacetaat.
3.5	"	+ 1.0	"	=	0.

of gemiddeld:

$$\begin{aligned} \text{isoamylacetaat : nitrobenzol} &= 2 \text{ cM. : } 0.7 \text{ cM.} \\ &= 6.67 \text{ olfactiën : } 7.78 \text{ olfactiën} \\ &= 0.85. \end{aligned}$$

¹⁾ Zwaardemaker, „Die Compensation von Geruchsempfindungen“, Onderz. Physiol. Lab. Utrecht, V. IIe deel 1900.

De resultaten van al deze 36 combinaties heb ik in één tabel sâamgevat, waarbij de prikkels, die leiden tot volkomen of nagenoeg volkomen compensatie in olfactiën berekend zijn.

TABEL I.

COMBINATIE.	Aan- tal <i>p.</i>	Olfac- tiën <i>q.</i>	Ver- hou- ding <i>p/q</i>	Graad van volkomen- heid der compensatie
Isoamylacetaat en Nitrobenzol	6.67	7.78	0.85	volkomen compensatie
" " terpineol	10	2.58	3.88	wedstrijd
" " muscon	2.33	12	0.19	bijna volk. compensatie
" en aethylbisulfide	6.67	8.33	0.80	volkomen compensatie
" en guajacol	6.67	3.33	2	volkomen compensatie
" en valerianaanzuur	6.67	105	0.063	m. achterl. v. 'n zure rest
" en pyridine	30	4.88	6.15	wedstrijd
" " skatol	30	360	0.055	onbepaald
Nitrobenzol " terpineol	11.11	5	2.22	menggeur
" " muscon	12.22	15	0.81	onbepaald
" en aethylbisulfide	33.33	17.77	1.87	onbepaald
" " guajacol	12.22	20	0.61	bijna volk. compensatie
" " valerianaanzuur	3.33	263.3	0.0126	bijna volk. compensatie
" " pyridine	77.77	19.5	3.99	onbepaald
" " skatol	100	5.20	0.19	volkomen compensatie
Terpineol en muscon	2	11	0.18	onbepaald
" " aethylbisulfide	5	11.11	0.45	onbepaald
" " guajacol	3.36	10	0.34	onbepaald
" " valerianaanzuur	2.5	40	0.062	volkomen compensatie
" " pyridine	7	12.2	0.58	menggeur
" " skatol	7	160	0.04	ongev. volk. compens.
Muscon " aethylbisulfide	10	4.4	2.27	ongev. volk. compens.
" " guajacol	8	2.97	2.69	onbepaald
" " valerianaanzuur	8	12.9	0.62	bijna volk. compensatie
" " pyridine	8	14.6	0.55	wedstrijd
" " skatol	10	240	0.042	volkomen compensatie
Aethylbisulfide en guajacol	20	10.4	1.92	onbepaald
" en valerianaanzuur	20	34.3	0.58	bijna volk. compensatie
" " pyridine	50	26.8	1.85	onbepaald
" " skatol	25.55	680	0.037	onbepaald
Guajacol " valerianaanzuur	1.48	42.9	0.035	bijna volk. compensatie
" " pyridine	15	10	1.5	onbepaald
" " skatol	15	280	0.054	onbepaald
Valerianaanzuur en pyridine	200	7.3	27.39	bijna volk. compensatie
" " skatol	100	320	0.31	wedstr. 'n pr. maal volk. comp.
Pyridine en skatol	48.78	1140	0.043	bijna volk. compensatie

De olfactiën zijn berekend naar de „Erkennungsschwellen”, indertijd gevonden; nu waren, zooals uit de tabel op pag. 32 blijkt, de waarschijnlijke fouten van deze „Erkennungsschwellen” van zooveel betekenis, dat een onmiddellijke vergelijking van de hier boven gegeven compensaties tot niet veel resultaat leidt.

Er bestaat echter gelegenheid de groote verschillen tusschen de proporties p en q aanmerkelijk te verkleinen, door deze verhoudingen te beschouwen als tangenten van hoeken, welker waarden dan hoogstens 90° uiteen kunnen liggen. Aldus zal de mogelijkheid, om onderlinge verwantschappen tusschen de compensaties te vinden, zeer vergroot worden.

Al geeft deze wijze van handelen geen aanschouwelijke voorstelling van de wijze, waarop compensaties in 't algemeen optreden, zoo heeft zij echter 't groote voordeel, verhoudingsgetallen, die in bovenstaande tabel nog ver uiteenliggen dichter bij elkaar te brengen.

In onderstaande, verkort weergegeven tabel vinden we dan deze tangentenberekening uitgevoerd, de Romeinsche cijfers wijzend op de rangnummers der standaardgeuren, de graden weergevend de hoeken, welker tangenten de verhoudingen der compenseerende prikkels vormen.

Voor gemakkelijker overzicht zijn in deze tabel de minuten weggelaten, terwijl deze bij het opzoeken der identiteiten natuurlijk in aanmerking genomen zijn.

TABEL II.

L Tg p/q van de compensaties der 9 standaardgeuren.

q	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
p									
I		40°	75°	11°	39°	63°	4°	81°	3°
II	50°		66°	39°	62°	31°	1°	76°	11°
III	14°	24°		10°	24°	19°	3°	30°	2°
IV	79°	51°	80°		66°	70°	32°	29°	2°
V	51°	28°	66°	24°		62°	30°	62°	2°
VI	26°	59°	71°	20°	27°		2°	56°	3°
VII	86°	89°	86°	58°	60°	88°		88°	17°
VIII	9°	14°	60°	61°	28°	34°	2°		2°
IX	87°	79°	87°	88°	88°	87°	73°	87°	

Eén blik op de tabel overtuigt ons, dat in de horizontale rijen herhaaldelijk hoeken voorkomen, welke elkaar in grootte naderen. Laten we een onnauwkeurigheid van 1% van den cirkelomtrek ($3^{\circ} 36'$) toe, dan zijn we in staat betrekkingen tusschen verschillende geuren op te sporen.

Tabel III laat ons iets van deze betrekkingen zien nl. dat in iedere horizontale reeks steeds meerdere hoeken voorkomen, die dicht bij elkaar liggen.

TABEL III.

Stand.geur, die aan 2 vergeleken verhoudingen gemeenschap-pelijk is.	Geuren, welker verhoudingen 1 geur gemeen hebben en volgens tangentenberekening tot op 1% van 2π even groot worden
Isoamylacetaat	Nitrobenzol en aethylbisulfide; valeriaanzuur en skatol.
Nitrobenzol	Terpineol en aethylbisulfide.
Terpineol	Nitrobenzol en aethylbisulfide; valeriaanzuur en skatol.
Muscon	Isoamylacetaat en terpeneol; aethylbisulfide en guajacol; valeriaanzuur en pyridine.
Aethylbisulfide	Nitrobenzol en valeriaanzuur; terpeneol en guajacol; guajacol en pyridine.
Guajacol	Isoamylacetaat en aethylbisulfide; nitrobenzol en pyridine; valeriaanzuur en skatol.
Valeriaanzuur	Isoamylacetaat en nitrobenzol; isoamylacetaat en terpeneol, isoamylacetaat en guajacol; isoamylacetaat en pyridine; nitrobenzol en guajacol; nitrobenzol en pyridine; terpeneol en guajacol; terpeneol en pyridine; muscon en aethylbisulfide; guajacol en pyridine.
Pyridine	Terpineol en muscon; valeriaanzuur en skatol.
Skatol	Isoamylacetaat en terpeneol; isoamylacetaat en muscon; isoamylacetaat en aethylbisulfide; isoamylacetaat en guajacol; isoamylacetaat en pyridine; terpeneol en muscon; terpeneol en aethylbisulfide; terpeneol en guajacol; terpeneol en pyridine; muscon en aethylbisulfide; muscon en guajacol; muscon en pyridine; aethylbisulfide en guajacol; aethylbisulfide en pyridine; guajacol en pyridine.

In 't geheel zijn dit 42 gevallen van de 252 mogelijke; dus worden, wanneer we in plaats van de verhoudingsgetallen zelf de hoeken nemen, welker

tangenten zij voorstellen, deze hoeken in 17 % van alle combinaties even groot.

De verwantschappen tusschen de geuren worden grooter, wanneer we, zooals tabel IV weergeeft, het identiek-worden van twee hoeken in één horizontale rij, zich in een andere rij voor dezelfde geuren zien herhalen.

TABEL IV.

Geuren, welker verhoudingen volgens tangenten-berekening hoeken vormen, die tot op 1 % van 2π even groot worden.	Geuren, die deze verhoudingen gemeen hebben.
Isoamylacetaat en terpineol. Isoamylacetaat en aethylbisulfide. Isoamylacetaat en guajacol Isoamylacetaat en pyridine Nitrobenzol en aethylbisulfide. Nitrobenzol en pyridine. Terpineol en muscon. Terpineol en aethylbisulfide. Terpineol en guajacol. Terpineol en pyridine. Muscon en aethylbisulfide. Aethylbisulfide en guajacol. Guajacol en pyridine. Valeriaanzuur en skatol.	Muscon en valeriaanzuur; muscon en skatol; valeriaanzuur en skatol. Guajacol en skatol. Valeriaanzuur en skatol. Valeriaanzuur en skatol. Isoamylacetaat en terpineol. Guajacol en valeriaanzuur. Pyridine en skatol. Nitrobenzol en skatol. Aethylbisulfide en valeriaanzuur; aethylbisulfide en skatol; valeriaanzuur en skatol. Valeriaanzuur en skatol. Valeriaanzuur en skatol. Muscon en skatol. Aethylbisulfide en valeriaanzuur; aethylbisulfide en skatol; valeriaanzuur en skatol. Isoamylacetaat en terpineol; isoamylacetaat en guajacol; isoamylacetaat en pyridine; terpineol en guajacol; terpineol en pyridine; guajacol en pyridine.

De twee-voudige coincidentie komt alzoo 25 maal voor. Een drievoudige identiteit tot op 1% van 2π komt éénmaal voor en wel terpineol, guajacol en pyridine ten opzichte van aethylbisulfide, valeriazuur en skatol, dat wil dus zeggen: een verwantschap van drie geuren ten opzichte van drie andere. Verder zien we een viervoudig-gelijkworden tot op 1% van 2π van isoamylacetaat, terpineol, guajacol en pyridine ten opzichte van twee andere n.l. valeriazuur en skatol.

Laten we de nauwkeurigheid dalen tot op 2% van 2π , zoo is een vijfvoudig gelijkworden van isoamylacetaat, nitrobenzol, terpineol, guajacol en pyridine ten opzichte van valeriazuur en skatol en nog een drievoudige van isoamylacetaat, muscon en aethylbisulfide ten opzichte van guajacol en skatol mogelijk.

Onder de 25 gevallen, waarin twee geuren identiek worden, wanneer men ze beschouwt ten opzichte van twee andere, komen er enkele voor, die coincidentie vertoonen, wanneer men omgekeerd de twee laatste vergelijkt met de geuren, die wij eerst identiek opvatten. Deze reciprociteiten zien we voor de volgende combinaties optreden:

Isoamylacetaat en terpineol	$\left. \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \text{met betrek-} \\ \text{king tot} \\ \longleftarrow \end{array} \right\}$	valeriaan- zuur en skatol.
Isoamylacetaat en guajacol		
Isoamylacetaat en pyridine		
Terpineol en guajacol		
Terpineol en pyridine		
Guajacol en pyridine		

Op grond van deze betrekkingen mogen we isoamylacetaat, terpineol, guajacol en pyridine aan den eenen en valeriazuur en skatol aan den anderen kant als twee scherp gescheiden groepen tegenover elkander

stellen en verder een nauwe verwantschap tusschen valeriaanzuur en skatol aannemen.

Mocht het blijken, dat deze door tangentialle opvatting der verhoudingsgetallen verkregen betrekkingen op een wezenlijke basis rusten en bij verschillende personen bestaan, dan zou het b.v. in pathologische gevallen onnoodig zijn en op valeriaanzuur en op skatol te onderzoeken, doch één van beiden zou voldoende zijn; eveneens zouden we uit de groep, die we tegenover deze beiden stelden, met één uit haar kunnen volstaan.

Al geeft deze tangentialle opvatting der compensaties bruikbare resultaten, toch is men niet in staat door haar een begrip te krijgen van de wijze, waarop de compensaties tot stand komen. Dit doet echter wel het vectorstelsel. Door middel van dit stelsel is 't mogelijk een plastische voorstelling van de compensaties te geven.

Wij hebben dan slechts elk stel elkaar compenseerende geuren te beschouwen als twee vectoren, die min of meer in tegengestelde richting werken en bij compensatie elkander opheffen. De lengte der vectoren nemen we evenredig aan het aantal olfactiën van de desbetreffende geuren.

Stellen we ons voor, dat de richtingen van twee geuren, die elkaar compenseeren, een hoek vormen, zoodat ze elkaar juist opheffen, dan kan men den sterksten der beide geuren ontbinden in twee vectoren, waarvan de eene in het verlengde van den zwaksten prikkel valt en juist van dezelfde lengte als deze is, terwijl de tweede loodrecht op deze richting staat.

Aan deze voorwaarden wordt voldaan, indien de cosinus van den ingesloten hoek negatief genomen, overeenkomt met de verhouding der twee compenseerende reukstoffen.

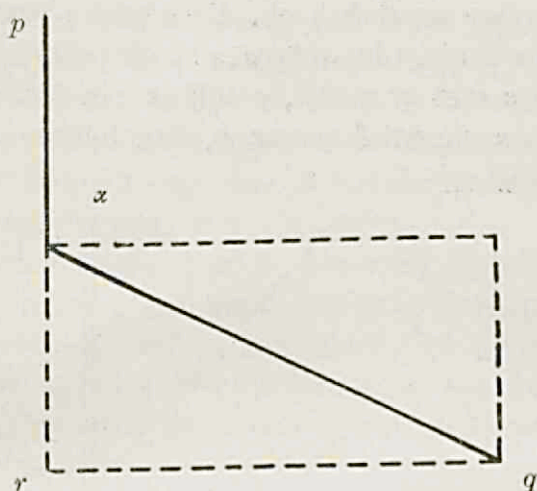


Fig. 2.

In de figuur is hoek α zoo groot genomen, dat $\cos \alpha = -\frac{p}{q}$, terwijl $\cos \alpha$ eveneens gelijk is aan $-\frac{r}{q}$, waaruit volgt dat p gelijk is aan r met tegengesteld teeken, m. a. w. ze heffen elkaar op.

De tweede ontbondene, loodrecht op r verlopend, moet men dan beschouwen als richting van reukeloosheid, want kende men haar een geur toe, dan zou in de combinatie door dezen derden geen reukeloosheid mogen ontstaan.

Voegen wij aan dit systeem van twee geuren een derden geur toe, dan kunnen we op grond van de verhoudingsgetallen der elkaar compenseerende prikkels, ook de ligging van dezen nieuwen vector construeeren en wel 1e met betrekking tot p , 2e met betrekking tot q .

Vooropgesteld wordt, dat de 3e vector s weer grooter is dan p , dan geve men s slechts die richting, dat de cosinus van den ingesloten hoek gelijk wordt aan $-\frac{p}{s}$, terwijl de vector van reukeloosheid wederom horizontaal verloopt, indien we p vertikaal gericht denken.

Draaien we nu den hoek, die s met p vormt om q als as zoodanig, dat (als $s > q$) de cosinus van den hoek, die s met q vormt, gelijk is aan de verhouding van q en s , negatief genomen, dan hebben we s een

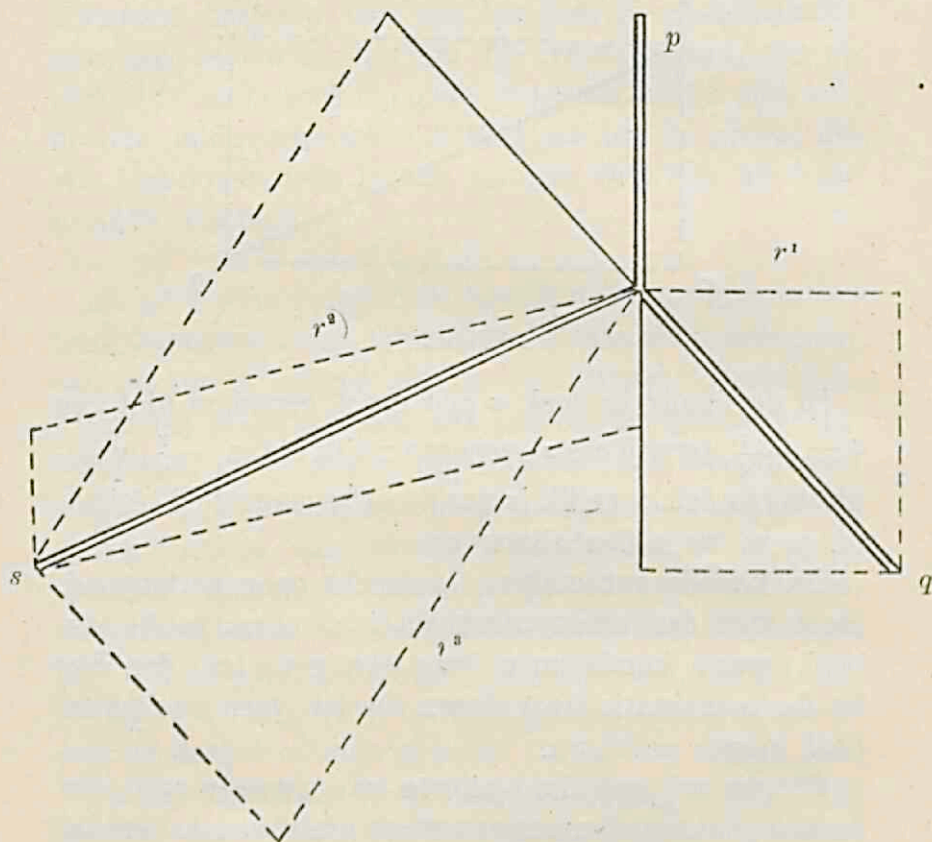


Fig. 3.

zoodanige richting gegeven, dat zij èn met p èn met q reukeloosheid geeft.

Immers in de eerste plaats kunnen we s ontbinden in een kracht, even groot als en tegengesteld aan p met een vector van reukeloosheid loodrecht op p ; in de tweede plaats is s te ontbinden in een vector, gelijk en tegengesteld aan q met een richting van

reukeloosheid, loodrecht op q . Een derde geur is alzoo ten opzichte van twee andere volkomen bepaald.

Bouwen we dit vectorenstelsel in de ruimte op, dan moeten we feitelijk alle 3 vectoren dubbel nemen; even goed kunnen we dus 3 enkele nemen, ze als dubbele beschouwend.

Wordt omgekeerd $q < p$ genomen, dan wordt p ontbonden in twee krachten, één in 't verlengde van q , één, de vector van reukeloosheid, loodrecht op de eerste staande, ten opzichte van p in een kegelvlak geplaatst. Eveneens zal s een kegelvlak beschrijven, wanneer $q > s$ is.

Bij 't bewegen van s naar q zijn twee richtingen mogelijk; bij afspraak kan men daarbij steeds de richting van een rechtsche schroefdraaiing volgen.

Daar 't aantal olfactiën van p en q vaak zeer uiteenliggen en dus ook de lengten der vectoren verschillen, is 't beter bij afspraak alle vectoren even lang te nemen (door hun verschillende eenheden van lengte toe te kennen) en alleen de richting en den hoek in rekening te brengen. Trouwens een dergelijke overeenstemming in lengte der vectoren, als boven beschreven, waarbij de drie vectoren onderling evenredig zijn, zal *a priori* niet vaak voorkomen en zal straks nader beschouwd worden; laat men echter de lengten der vectoren buiten beschouwing, dan is een rangschikking van 3 en meer ten opzichte van twee andere zeer goed mogelijk. Daarmee zij echter niet gezegd, dat men zich geen rekenschap van de werkelijke lengte der vectoren geeft; men stelle zich — het zij nogmaals opgemerkt — de vectoren, hoewel van dezelfde lengte, voor als vertegenwoordigend verschillende absolute waarden.

Nummeren we onze standaardgeuren met de cijfers 1 tot 9 en de aan deze beantwoordende vectoren

eveneens, dan richte men achtereenvolgens 1 en 2, 1 en 3, 1 en 4 enz. en rangschikke naar deze twee alle overigen, totdat alle combinaties d. i. 36 zich hebben voorgedaan en men zal tot z'n verrassing bemerken, dat velen in precies dezelfde richting verlopen, wanneer men n.l. een hoekenverschil van 3.6° verwaarloost.

Leggen we 1 en 3 vast, dan verlopen 4, 7 en 9, als men deze rangschikt ten opzichte van 1 en 3 in dezelfde richting. Zoo kan men eveneens 1 en 6 vooraf bepalen en naar deze 7 en 9 plaatsen in wederom éénzelfde richting. De volgende tabel geeft een volledig overzicht van alle voorkomende gevallen.

T A B E L van het samenvallen van twee vectoren ten opzichte van twee andere.

Identiek wordende vectoren.

Vectoren, wier ligging vooraf gegeven is.

Muscon, valeriaanzuur en skatol

Valeriaanzuur en skatol

Valeriaanzuur en skatol

Pyridine en skatol

Valeriaanzuur en skatol

Valeriaanzuur en skatol

Valeriaanzuur en skatol

Aethylbisulfide, valeriaanzuur en skatol

Isoamylacetaat, terpineol, aethylbi-
sulfide, guajacol en pyridine.

isoamylacetaat en terpineol.

isoamylacetaat en guajacol.

isoamylacetaat en pyridine.

terpineol en muscon.

terpineol en guajacol.

terpineol en pyridine.

muscon en aethylbisulfide.

guajacol en pyridine.

valeriaanzuur en skatol.

In al deze gevallen, behalve het laatste, verlopen de vectoren van reukeloosheid in een kegelvlak, daarentegen horizontaal in 't laatste geval m. a. w. zijn de lengten der vectoren van valeriaanzuur en skatol kleiner dan die der overigen.

Dit laatste geval is voorzeker merkwaardig, daar geen toeval zooveel identiteiten zou kunnen geven. Men moet zich weer voorstellen, dat valeriaanzuur in verbinding met isoamylacetaat of terpineol of guajacol

of pyridine precies 't zelfde op mijn bewustzijn werkt als skatol met deze geuren.

Uit bovengegeven constellaties laten zich nu weer reciprociteiten afleiden, men kan b.v. 7 en 9 tegenover 1 en 8 plaatsen, maar ook omgekeerd 1 en 8 tegenover 7 en 9, waarbij in 't eerste geval 7 en 9, in 't tweede 1 en 8 in één richting verlopen.

Van de 22 gevallen, waarin twee vectoren identiek worden, wanneer men ze plaatst tegenover twee andere vectoren, komen nu meerdere van dergelijke reciprociteiten voor en wel:

Isoamylacetaat en terpineol	$\left. \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \text{metbetrek-} \\ \text{king tot} \\ \longleftarrow \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \text{valeriaan-} \\ \text{zuur en} \\ \text{skatol.} \end{array} \right\}$
Isoamylacetaat en guajacol		
Isoamylacetaat en pyridine		
Terpineol en guajacol		
Terpineol en pyridine		
Guajacol en pyridine		

Zooals men ziet, zijn het dezelfde reciprociteiten, die voorkwamen bij de tangentenberekening.

Op p. 73 is reeds gesproken van een elkaar onderling opheffen van drie gelijktijdig geconstrueerde vectoren, welker werkelijke lengten in rekening gebracht zijn. Bedoeld wordt, dat, als p , q en s in de ruimte worden voorgesteld door vectoren, waarvan de lengten overeenstemmen met 't aantal olfactiën der compenseerende prikkels, niet alleen de verhouding van p en q en q en s mogelijk is, maar ook p en s zich dan verhouden als 't aantal olfactiën van hun compensatie.

Dit verschijnsel heeft zich bij mijn compensaties driemaal voorgedaan, indien men de foutengrens van de verhoudingsgestalten tot 20 % beperkt; het zijn de volgende gevallen:

Isoamylacetaat, guajacol en valeriaanzuur.
 Nitrobenzol, aethylbisulfide en pyridine.
 Guajacol, pyridine en skatol.

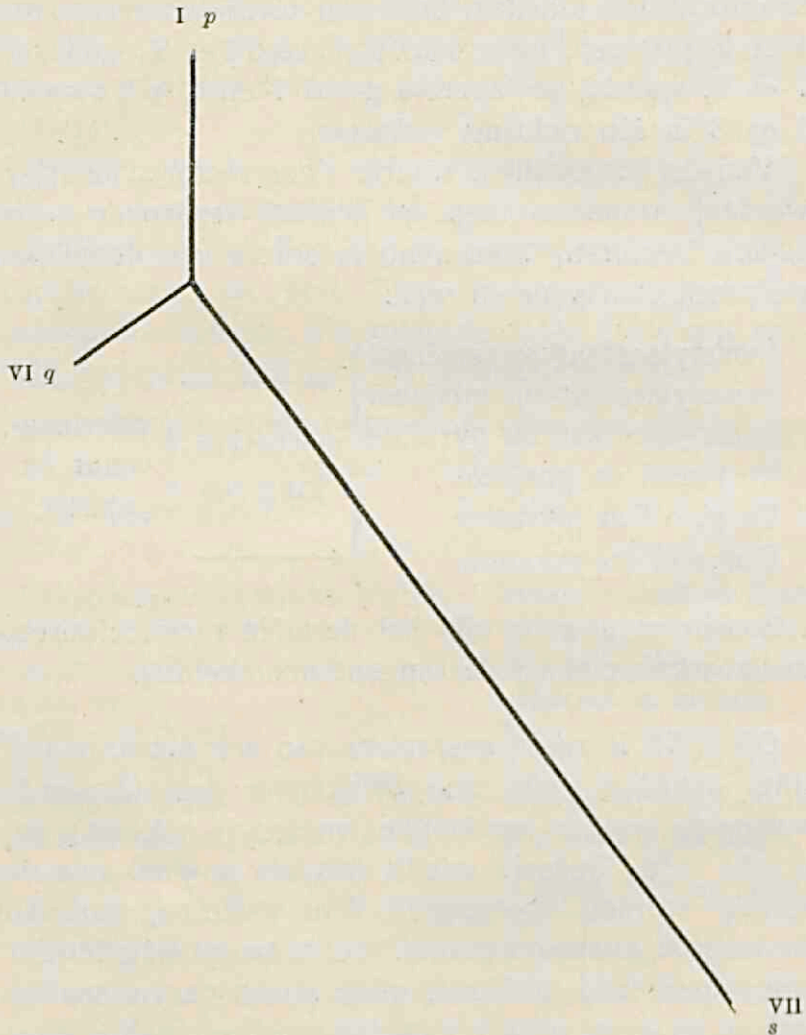


Fig 4.

Beschouwen we 't eerste geval nader, dan kan men elk der drie reukprikkelers door een vector voorstellen, welks lengte overeenkomt met de olfactiënwaarde van den prikkel, in dit geval als 2: 1: 29, terwijl de richtingen der vectoren zoodanig zijn, dat de cosinus

der ingesloten hoeken gelijk is aan $-\frac{p}{q}$, $-\frac{q}{s}$ en $-\frac{p}{s}$ d.i. de cos. van 60° 88° en 86° . De vectoren van reukeloosheid zijn niet aangegeven; zij liggen wanneer men de drie vectoren twee aan twee samenstelt in het vlak dier twee vectoren en loodrecht op den kleinsten.

Twee vectoren van reukeloosheid liggen dus in 't vlak van pq en qs en loodrecht op q en de derde in 't vlak van ps en loodrecht op p .

Op dezelfde wijze kan men de twee andere gevallen ordenen en wel nitrobenzol, aethylbisulfide en pyridine in de verhouding van 1,9 : 1 : 0.5 en guajacol, pyridine en skatol in de verhouding van 1,5 : 1 : 24.

Werken deze drie prikkels op ons reukorgaan in, dan zal reukeloosheid het gevolg zijn; immers de helft van iederen prikkel dient, om den ander te compenseeren. *Ook praktisch blijkt deze reuklooze menging uitvoerbaar, Laat men één der drie prikkels weg, dan treedt eveneens reukeloosheid op.*

Volgens de psychophysische wet is:

$$e = k \log \left(\frac{r}{b} \right)$$

waarin e de intensiteit der gewaarwording, k een van de psychische eenheid afhankelijke constante, r de grootte van den prikkel en b de „Reizschwelle” voorstelt.

Houden we vast aan de juistheid van deze Fechner'sche formule, ook op 't gebied der reukwaarnemingen en beschouwen we reukcompensatie tot stand gekomen, niet door de prikkels zelf, maar door hun gewaarwordingen, dan moeten we de lengte der reukvectoren ook logarithmisch afmeten en niet 't aantal hunner olfactiën, maar de logarithmen er van als grondslag van verdere berekening aannemen.

TABEL I.

*Verhoudingsgetallen der logarithmen van elkaar
compenseerende prikkels.*

	$\log q$ I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$\log p$ I		0.92	2.43	0.34	0.9	1.58	0.41	2.14	0.51
II	1.09		1.49	0.92	0.61	0.84	0.22	1.47	0.74
III	0.41	0.67		0.29	0.67	0.53	0.066	0.78	0.38
IV	2.94	1.09	3.45		1.55	1.91	0.81	0.76	0.42
V	1.11	1.64	1.49	0.64		1.28	0.85	1.19	0.50
VI	0.63	1.19	1.89	0.52	0.78		0.1	1.18	0.48
VII	2.44	4.54	15.15	1.23	1.18	10		2.66	0.8
VIII	0.47	0.68	1.28	1.32	0.84	0.85	0.38		0.55
IX	1.96	1.35	2.63	2.38	2	2.08	1.25	1.82	

In bovenstaande tabel zijn dan de logarithmen der verhoudingsgetallen van p tot q berekend en al aanstonds ziet men, dat 't onmogelijk is op grond van vergelijking eenige verwantschap tusschen verschillende geuren aan te toonen, daarom maken we wederom gebruik van onzen kunstgreep n.l. de constructie in vectoren of wat tenslotte dezelfde resultaten geeft en in behandeling eenvoudiger is, de tangensberekening. Deze laatste willen we hier toepassen en geven haar in tabel II weer.

TABEL II.

$\lg \frac{\log p}{\log q}$ van de compensaties der 9 standaardgeuren.

	$\log q$ I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$\log p$ I		43°	68°	19°	42°	57°	22°	65°	27°
II	47°		56°	43°	31°	40°	12°	56°	36°
III	22°	34°		16°	34°	28°	4°	38°	21°
IV	71°	47°	74°		57°	62°	39°	38°	23°
V	48°	59°	56°	33°		52°	40°	50°	26°
VI	33°	50°	62°	28°	38°		6°	50°	26°
VII	68°	78°	86°	50°	50°	84°		69°	39°
VIII	24°	34°	52°	52°	40°	40°	21°		29°
IX	62°	54°	69°	67°	64°	64°	51°	61°	

In tabel III en IV zijn de identiteiten tot op 1% van 2π nauwkeurig nagegaan ten opzichte van één, resp. twee standaardgeuren.

TABEL III.

Standaardgeur, die twee vergeleken verhoudingen gemeen hebben.	Geuren, welker verhoudingen een geur gemeen hebben en volgens tangens-berekening tot op 1°/o even groot worden.
Isoamylacetaat	Nitrobenzol en aethylbisulfide; terpineol en pyridine; muscon en valeriaanzuur.
Nitrobenzol	Terpineol en pyridine; muscon en guajacol.
Terpineol	Isoamylacetaat en skatol; nitrobenzol en aethylbisulfide.
Muscon	Isoamylacetaat en terpineol; valeriaanzuur en pyridine.
Aethylbisulfide	Isoamylacetaat en pyridine; nitrobenzol en terpineol; guajacol en pyridine.
Guajacol	Nitrobenzol en pyridine; muscon en skatol.
Valeriaanzuur	Isoamylacetaat en pyridine; terpineol en guajacol; muscon en aethylbisulfide.
Pyridine	Isoamylacetaat en valeriaanzuur; terpineol en muscon; aethylbisulfide en guajacol.
Skatol	Isoamylacetaat en aethylbisulfide; isoamylacetaat en guajacol; isoamylacetaat en pyridine; aethylbisulfide en guajacol; aethylbisulfide en pyridine; guajacol en pyridine; nitrobenzol en valeriaanzuur; terpineol en muscon; muscon en aethylbisulfide; muscon en guajacol.

TABEL IV.

Geuren, welker verhoudingen volgens tangentenberekening hoeken vormen, die tot op 1 % even groot worden.	Geuren, die deze verhoudingen gemeen hebben.
Nitrobenzol en aethylbisulfide Terpeneol en pyridine Muscon en guajacol Isoamylacetaat en pyridine Isoamylacetaat en pyridine Isoamylacetaat en pyridine Guajacol en pyridine Muscon en aethylbisulfide Terpeneol en muscon Aethylbisulfide en guajacol	Isoamylacetaat en terpeneol Isoamylacetaat en nitrobenzol Nitrobenzol en skatol Aethylbisulfide en valerianaanzuur Aethylbisulfide en skatol Valerianaanzuur en skatol Aethylbisulfide en skatol Valerianaanzuur en skatol Pyridine en skatol Pyridine en skatol.

Deze behandelingswijze levert, zooals men bemerkt, veel minder resultaten: 30 identiteiten van twee geuren ten opzichte van twee andere; reciprociteiten ontbreken geheel.

De identiteiten, hier gevonden, vertoonen intusschen in de meeste gevallen overeenstemming met die we vroeger aantreffen; we blijven dus de voorkeur geven aan de tangensberekening uit de verhoudingsgetallen der reukprikkelers zelf.

HOOFDSTUK V.

Bilaterale reukcompensatie.

De inrichting van 't toestel voor bilaterale compensatie komt in zooverre overeen met die, beschreven bij de unilaterale, dat 't een dubbele olfactometer is, dus twee reukcilinders, geschoven over twee reukbuisen, doch waar deze laatste ginds in één reukreservoir uitmondten, is ook dit hier verdubbeld. Beide reukreservoirs, ieder van 50 cM³. inhoud, zijn vertikaal geplaatst en van boven voorzien van een reukbuisje en staan zoover van elkaar, dat ze gemakkelijk ieder in één neusgat te brengen zijn. Ter vergemakkelijking hiervan kunnen dan ook beide reservoirs een klein weinig naar links of rechts verschoven worden.

Aan den onderkant eindigt elke reukbuis in een kort buisje, waaraan de slang der waterzuigpomp verbonden kan worden door middel van een vernikkeld koperen tusschenstuk, dat zich twee-armig vertakt.

Heeft men twee reukcilinders over bepaalde lengten uitgeschoven en de lucht $\frac{1}{4}$ min. doorgezogen, dan neemt men 't tusschenstuk af, sluit de stroomopwaarts-gelegen kraan en brengt de neus om de beide reukbuisjes en beoordeelt, in hoeverre compensatie der twee geuren opgetreden is.

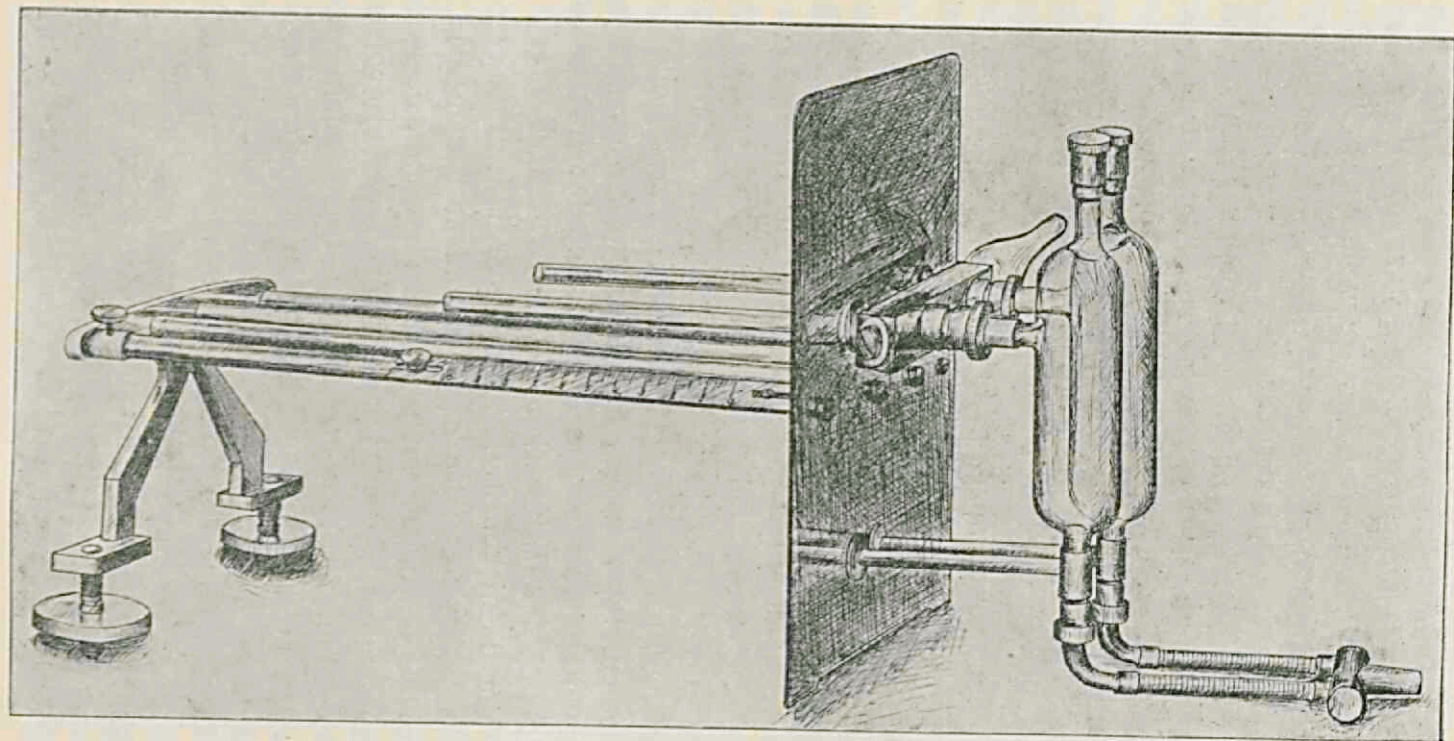


Fig. 5.

Heeft men eenmaal een zekeren graad van compensatie gevonden, dan is het belangrijk ook bij omwisseling der beide reukbronnen wederom compensatie te zoeken. Daartoe zijn aan den olfactometer twee 2-maal rechthoekig omgebogen nikkelen buisjes, van een stop voorzien, aangebracht, die, over elkaar gezet, weer juist passen op de beide ruikbuisjes, zoodat nu kruiselings geroken wordt; de reukstof, die zich links bevindt, wordt door 't rechter neusgat geroken en omgekeerd en nu is een omwisselen der cilinders onnoodig.

Hoewel het mogelijk is op deze wijze opnieuw compensatie te vinden, blijkt 't veel lastiger, ja in de meeste gevallen in 't geheel niet te gaan, waar ze zonder de rechthoekige buisjes gelukte; de nauwe, zooveel langere weg en dan langs twee hoeken, schijnt een bepaalde hindernis te zijn voor 't gemakkelijk ruiken. Daarom zal van dit kruiselings ruiken hier geen gewag gemaakt worden, maar hebben we onzen toevlucht tot een werkelijke omwisseling der cilinders genomen. De waarden, hieronder opgegeven, zijn dan ook uitsluitend verkregen, door onmiddellijk aan de ruikbuisjes zelf te ruiken.

Vóór de uitkomsten zelf meegedeeld worden, moet eerst op 't feit, dat er in 't algemeen compensatie mogelijk is, nader gewezen worden; immers de geuren komen geheel gescheiden elk tot de beide, eveneens gescheiden, reukorganen en toch treedt compensatie op. Dit proces kan zich dan wel niet anders afspelen dan in de hersenen.

Dat de bilaterale compensatie niet zoo gemakkelijk gaat als een unilaterale, blijkt direct hieruit, dat volkomen compensatie slechts in weinige gevallen mogelijk is. Meestal ziet men wedstrijd of onbepaaldheid van geur optreden; als opmerkelijk dient vermeld,

dat de bij unilaterale compensatie in dat geval zoo enorme verzwakking der geuren hier veel minder sprekend is, zoodat men vaak aarzelend een of anderen graad van compensatie aanneemt. Ook op verschillende tijden onderzoekend, komt men niet steeds weder tot dezelfde verhoudingsgetallen. Dit kan zijn oorzaak vinden in de wijze van inademen, die zoowel links en rechts als den eenen tijd en den anderen varieert.

Als een verdere bijzonderheid geldt 't feit, dat bij verwisselen der reukcilinders meestal een geheel andere verhouding van p tot q verkregen wordt; dit kan liggen aan een door éézijdige verstopping van den reukweg verminderde reukscherpte eenerzijds. Daarom werd vóór elke bepaling steeds even de reukscherpte beiderzijds gecontroleerd aan een kleinen, caoutchouc-reukmeter en werd eenig verschil in reukscherpte tusschen rechts en links ontdekt, dit steeds genoteerd. Is een eventueel verschil rechts en links in rekening gebracht en blijkt nochtans de verhouding van p tot q een andere te zijn na omruilen der cilinders, dan moeten we wel aannemen een grootere gevoeligheid van 't reukcentrum, 't zij links of rechts, voor een der stoffen.

Werd b.v. isoamylacetaat rechts en nitrobenzol links genomen, dan was de verhouding dezer beiden als 4 c.m. : 1.8 c.m.; was isoamylacetaat links en nitrobenzol rechts, dan als 4 cm. : 0.4 cm.; de linker hemisfeer blijkt alzoo bij mij gevoeliger voor nitrobenzol te zijn dan de rechter.

De 36 combinaties, die men vormen kan, zijn weder in één tabel vereenigd. Ter volledigheid is, zoo goed als 't ging, de graad van volkomenheid der compensatie toegevoegd.

TABEL I.

COMBINATIE.	AANTAL OLFACTIËN.				GRAAD DER COMPENSATIE.
	<i>p</i> rechts	<i>q</i> links	<i>p</i> links	<i>q</i> rechts	
Isoamylacetaat en nitrobenzol	6.66	100	13 32	4.44	onvolk. comp.
„ „ terpineol	7	1.3	7	0.65	menggeur.
„ „ muscon	2.67	1.3	1	20	bijna volk. comp.
„ „ aethylbisulfide	14	8.88	14	8.9	zwakke menggeur.
„ „ guajacol	5	29.6	5	4.4	„ „
„ „ valerianaanzuur	10	80	84	80	groote comp. breedte
„ „ pyridine	10	24.4	30	7.3	wedstrijd.
„ „ skatol	2.33	1000	5	200	volk. comp.
Nitrobenzol en terpineol	22.22	2 6	50	0.5	bijna volk. comp.
Nitrobenzol en muscon	4.44	20	5.55	40	onbepaald.
„ „ aethylbisulfide	66.67	19	66.67	16.6	zwakke geur.
„ „ guajacol	6.67	10	44.4	20	onzeker.
„ „ valerianaanzuur	24.44	100	2.2	3.5	bijna volk. comp.
„ „ pyridine	6 67	24.4	6.67	17.5	onbepaald.
„ „ skatol	17.78	1000	3.33	400	bijna volk. comp.
Terpineol en muscon	1.22	11	0.72	11	onduidelijk.
„ „ aethylbisulfide	1.4	33.33	5	55.5	wedstrijd.
„ „ guajacol	2.5	1.85	2 5	1.11	onzeker.
„ „ valerianaanzuur	0.86	200	2.5	51.4	onbepaald.
„ „ pyridine	7	24.4	7	21.9	wedstrijd.
„ „ skatol	1.2	1000	3	400	onbepaal d.
Muscon en aethylbisulfide	10	4.4	20	3.3	wedstrijd.
„ „ guajacol	10	3.3	20	5.55	onzeker.
„ „ valerianaanzuur	20	28.6	20	34.29	„
„ „ pyridine	20	39 98	20	29 9	onbepaald

COMBINATIE.	AANTAL OLFACTIËN.				GRAAD DER COMPENSATIE.
	<i>p</i> rechts	<i>q</i> links	<i>p</i> links	<i>q</i> rechts	
Muscon en skatol	20	480	20	120	bijna volk. comp.
Aethylbisulfide en guajacol	60	5 6	60	7 4	onbepaald.
„ „ valeriaan zuur	20	57 14	20	42.9	„
„ „ pyridine	50	36.6	50	24.4	wedstrijd.
„ „ skatol	11 11	1000	16 67	1000	onbepaald.
Guajacol en valeriaan zuur	1.79	100	3.7	2 00	onzeker.
„ „ pyridine	20	31.7	20	1.95	menggeur.
„ „ skatol	10	240	20	320	onbepaald.
Valeriaan zuur en pyridine	200	17.1	200	19.5	wedstrijd.
„ „ skatol	200	480	200	240	zwakke menggeur.
Pyridine en skatol	100	480	48.8	120	bijna volk. comp.

TABEL II.

	q I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
p I		0.07	5.4	1.8	15.8	0.2	0.12	0.4	0.002
II	15 15		8.6	0.2	3.5	0.7	0.24	0.3	0.02
III	0.19	0.12		0.1	0.04	1.35	0.004	0.3	0.001
IV	0.56	4.5	9.1		2.3	3.03	0.7	0.5	0.04
V	0.06	0.3	23.8	0.4		10.7	0.35	1.4	0.01
VI	5.9	1.5	0.7	0.3	0.09		0.02	6.3	0.04
VII	8	4.2	232	1.4	2.85	55.6		11.8	0.2
VIII	2.4	3.7	3.5	2	0.73	0.16	0.08		0.1
IX	435	55.6	833	24	9.01	24	4.8	9.9	

In de combinatie p/q is degene, die in rangnummer de kleinste is, steeds **rechts** genomen.

	q I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
p I		3	10.8	0.05	15.8	1.1	1.5	4.1	0.03
II	0.3		100	0.14	4	2.2	0.24	0.4	0.008
III	0.1	0.01		0.06	0.1	2.3	0.05	0.32	133
IV	20	7.1	15.4		6.1	3.6	0.6	0.7	0.2
V	0.06	0.25	11.1	0.2		8.1	0.5	2.1	0.02
VI	0.9	0.45	0.4	0.28	0.1		0.02	1.0	0.06
VII	0.95	4.2	20.6	1.7	2.1	55.6		10.3	0.8
VIII	0.24	2.6	3.1	1.5	0.5	1	0.1		0.4
IX	40	120	0.007	6	6	16	1.2	2.5	

In deze tabel juist **links**.

Plaatsen we de verhoudingsgetallen in twee tabellen, zooals hierboven is weergegeven, dan zien we slechts in drie gevallen rechts en links dezelfde verhouding voor compensatie optreden nl. isoamylacetaat: aethylbisulfide, nitrobenzol: valerianaanzuur en guajacol: valerianaanzuur.

In 25 van de 36 gevallen hebben we in de verhouding p/q van p minder noodig, wanneer deze rechts geplaatst wordt, in de overige 8 gevallen van p minder, wanneer deze links geplaatst wordt, terwijl wederom verondersteld is, dat p in rangnummer kleiner is dan q .

We kunnen dus in 't algemeen aannemen, dat mijn linker hemisfeer zich voor de meeste stoffen gevoeliger toont.

Gaan we in tabel II de meerdere gevoeligheid der linker hemisfeer meer in bijzonderheden na, dan blijkt, dat deze gevoeliger is dan de rechter voor:

Isoamylacetaat met betrekking tot:				Nitrobenzol, terpineol, guajacol, valerianaanzuur, pyridine of skatol.
Nitrobenzol	"	"	"	Terpineol, aethylbisulfide, guajacol of pyridine.
Terpineol	"	"	"	Aethylbisulfide, guajacol, valerianaanzuur, pyridine of skatol.
Muscon	"	"	"	Isoamylacetaat, nitrobenzol, terpineol, aethylbisulfide, guajacol, pyridine of skatol.
Aethylbisulfide	"	"	"	Valerianaanzuur, pyridine of skatol.
Guajacol	"	"	"	Isoamylacetaat, muscon, aethylbisulfide of skatol.
Valerianaanzuur	"	"	"	Muscon of skatol.
Pyridine	"	"	"	Guajacol, valerianaanzuur of skatol.
Skatol	"	"	"	Nitrobenzol.

Een even groote gevoeligheid vertoonen links en rechts voor:

Isoamylacetaat met betrekking tot:				Aethylbisulfide.
Nitrobenzol	"	"	"	Valerianaanzuur.
Guajacol	"	"	"	Valerianaanzuur.

In de overblijvende gevallen is de linker hemisfeer minder gevoelig dan de rechter.

Uit bovenstaande volgt vanzelf een bijzondere gevoeligheid der linker hemisfeer voor isoamylacetaat en muscon, in mindere mate voor terpineol, een nagenoeg evengroote gevoeligheid voor nitrobenzol, aethylbisulfide en guajacol en een mindere gevoeligheid voor valeriaanzuur, pyridine en skatol.

Globaal genomen zou ik hieruit besluiten, dat mijn linker hersenhelft meer de voorkeur geeft aan de aangename geuren, mijn rechter helft meer aan de onaangename.

HOOFDSTUK VI.

Vergelijking van de compensatie der standaardgeuren bij meerdere personen.

De werking van geuren op ons reukorgaan heeft bij onderscheidene personen een zeer verschillend effect; dit openbaart zich 't duidelijkst bij de compensatieproeven.

Waar de eene persoon, door twee geuren in bepaalde verhouding te vereenigen, compensatie vindt, zal een ander dikwijls een andere verhouding voor compensatie noodig hebben.

De mogelijkheid is echter niet uitgesloten, dat uit vergelijking van compensatieproeven van verschillende personen de bij mij gevonden verwantschappen tusschen eenige geuren van algemeene toepassing is.

Nu laten zich mijn uitkomsten direct vergelijken met onderzoekingen van Zwaardemaker over reukcompensaties.¹⁾ Waar overeenstemming in compensaties bestaat, kunnen we deze beschouwen als ge-

¹⁾ H. Zwaardemaker, Over geurverwantschappen Kon. Ac. v. Wet. 28 Sept. '07.

H. Zwaardemaker, Ueber die Proportionen der Geruchskompensation, Arch. f. Phys. '07 p. 59.

H. Zwaardemaker, Die vektorielle Darstellung eines Systems von Geruchskompensation Arch. f. Phys. '08 III.

bonden aan vastere wetten dan waar verschillen bestaan.

Nu is 't aantal olfactiën der verhoudingsgetallen berekend naar de „Erkennungsschwellen”, die een betrekkelijk groote waarschijnlijke fout aanwijzen. Tengevolge van deze fouten kunnen feitelijke overeenkomsten nog verschillen geven. We moeten dus bij de vergelijking van twee verhoudingsgetallen de waarschijnlijke fouten in rekening brengen; dit doen we volgens de formule:

$W = \sqrt{w_1^2 + w_2^2}$, waarbij w_1 en w_2 de waarschijnlijke fouten van de „Erkennungsschwellen” der twee gecompenseerde geuren voorstellen. W , procentsgewijze uitgedrukt, wordt dan op de verhoudingsgetallen van beide personen berekend; de som van de verkregen uitkomsten geeft dan aan het verschil, dat tusschen verhoudingsgetallen mag liggen, om nog binnen de grenzen der wederkeerige waarschijnlijke fouten te blijven.

Onderstaand ruitenveld (p. 94) geeft dan de gevallen aan, waarin beide waarnemers onderling overeenstemmen en in welke zij verschillen, terwijl in tabel I de verhoudingsgetallen zelf opgenomen zijn.

TABEL I

Verhoudingsgetallen der elkaar compenseerende prikkels.

ZWAARDEMAKER.

	p I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
q I		2.2	0.76	16	4.1	0.33	107	0.28	375
II	0.44		0.73	2.3	9	1.53	30	0.33	83
III	1.32	1.37		8	14	1	20	2	8
IV	0.06	0.43	0.12		1	0.03	0.33	0.83	5
V	0.24	0.11	0.07	1		0.06	0.82	0.31	44
VI	3	0.65	1	33	18		33	63	1400
VII	0.01	0.03	0.05	3	12	0.03		0.25	0.08
VIII	3.6	3	0.5	1.2	3.2	0.02	4		2.4
XI	0.003	0.012	0.125	0.2	0.023	0.001	12	0.42	

HERMANIDES.

		II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I		1.18	0.26	5.26	1.25	0.5	15.07	0.16	18
II	0.85		0.45	1.24	0.54	1.64	70.4	0.25	5.2
III	3.88	22.2		5.5	2.22	2.94	16	1.74	22.86
IV	0.19	0.81	0.18		0.44	0.37	1.61	1.82	24
V	0.8	1.87	0.45	2.27		0.52	1.72	0.54	27.03
VI	2	0.61	0.34	2.69	1.92		28.57	0.67	18.52
VII	0.063	0.0126	0.062	0.62	0.58	0.035		0.036	3.2
VIII	6.15	3.99	0.58	0.55	1.85	1.5	27.39		23.26
XI	0.055	0.19	0.04	0.042	0.037	0.054	0.31	0.043	

Gevalen, waarin het verhoudingsgetal p/q bij Z en Hs binnen de grenzen der waarschijnlijke fouten overeenstemt.

	p I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
q I									
II									
III									
IV									
V									
VI									
VII									
VIII									
IX									

N.B. De overeenstemmende gevallen zwart gemaakt.

In overeenstemming met de opmerkingen, op pag. 77 gemaakt, kan men geneigd zijn, niet de verhoudingsgetallen van de geuren, maar van hun logaritmen met elkaar te vergelijken. En de overeenstemmingen zien we dan met 4 vermeerderen.

TABEL II.

Verhoudingsgetallen der logarithmen van elkaar compenseerende prikkels.

ZWAARDEMAKER.

	$\log p$ I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$\log q$ I		1.25	0.85	12.5	2.27	∞	5.88	0.67	5.26
II	0.8		0.86	1.35	1.79	1.15	2.5	0.78	2.44
III	1.18	1.16		2.27	2.38	1	3.57	1.32	1.69
IV	0.08	0.74	0.44		1.01	0	0.7	0.94	1.54
V	0.44	0.56	0.42	0.99		0.33	0.96	0.8	1.41
VI	0	0.87	1	8	3.08		∞	3.09	0
VII	0.17	0.4	0.28	1.43	1.04	0		0.74	0.56
VIII	1.5	1.28	0.76	1.06	1.25	0.11	1.35		1.18
IX	0.19	0.41	0.49	0.65	0.71	∞	1.79	0.85	

HERMANIDES.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I		1.09	0.41	2.94	1.11	0.63	2.44	0.47	1.96
II	0.92		0.67	1.09	1.64	1.19	4.54	0.68	1.35
III	2.43	1.49		3.45	1.49	1.89	15.15	1.28	2.63
IV	0.34	0.92	0.29		0.64	0.52	1.23	1.32	2.38
V	0.9	0.61	0.67	1.55		0.78	1.18	0.84	2
VI	1.58	0.84	0.53	1.91	1.28		10	0.85	2.08
VII	0.41	0.22	0.066	0.81	0.85	0.1		0.38	1.25
VIII	2.14	1.47	0.78	0.76	1.19	0.18	2.66		1.82
IX	0.51	0.74	0.38	0.42	0.50	0.48	0.8	0.55	

Een bepaalde orde of regelmaat is echter in bovenstaande tabellen vooralsnog niet te bespeuren.

Van meer belang zijn de uitkomsten der tangens- en vectorenberekening; immers deze laten bij ieder van de waarnemers een onderlinge vergelijking der hoeken toe; nu hebben we slechts na te gaan, welke dezer identiteiten bij beiden voorkomen en de gevonden geurverwantschappen worden dan des te sprekender.

Vatten we in de eerste plaats de verhoudingsgetallen tangentieel op, dan worden bij Zwaardemaker in 't geheel 37, bij mij 42 identiteiten aangetroffen; van deze zijn 't bij beiden in 16 gevallen dezelfde combinaties. Even opmerkelijk als dit groote aantal overeenstemmingen is, even onverwacht is de overeenstemming in 't totale aantal identiteiten.

TABEL van het samenvallen van 2 hoeken ten opzichte van een 3e, zoowel bij Z als Hs.

Isoamylacetaat	Valeriaanzuur en skatol.
Terpineol	Nitrobenzol en aethylbisulfide; valeriaanzuur en skatol.
Aethylbisulfide	Terpineol en guajacol.
Guajacol	Valeriaanzuur en skatol.
Valeriaanzuur	Isoamylacetaat en nitrobenzol; isoamylacetaat en terpeneol; isoamylacetaat en guajacol; nitrobenzol en terpeneol; nitrobenzol en guajacol; nitrobenzol en pyridine; terpeneol en guajacol; terpeneol en pyridine; guajacol en pyridine.
Skatol	Isoamylacetaat en aethylbisulfide; isoamylacetaat en guajacol.

Het identiek-worden van twee hoeken ten opzichte van twee andere komt slechts driemaal in dezelfde combinatie overeen.

T A B E L over 't identiek-worden van 2 hoeken ten opzichte van 2 andere, zoowel bij *Z.* als *Hs.*:

Geuren, welker verhoudingen volgens tangentenberekening hoeken vormen, die tot op 1°/o even groot worden.	Geuren, die deze verhoudingen gemeen hebben.
Isoamylacetaat en guajacol Terpineol en guajacol Valeriaanzuur en skatol	Valeriaanzuur en skatol. Aethylbisulfide en Valeriaanzuur. Isoamylacetaat en guajacol.

Zooals we zien, biedt deze tabel slechts één reciprociteit aan n.l. isoamylacetaat en guajacol met betrekking tot valeriaanzuur en skatol en laten we een onnauwkeurigheid toe van 2°/o van 2π , dan wordt de overeenstemming iets grooter; we vinden dan wederkeerigheid in vier gevallen dezelfde n.l.

isoamylacetaat en guajacol	} met $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ tot: $\xleftarrow{\hspace{1cm}}$	} valeriaanzuur en skatol.
terpineol en guajacol		
valeriaanzuur en skatol	} met $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ tot: $\xleftarrow{\hspace{1cm}}$	} isoamylacetaat en terpeneol.
muscon en valeriaanzuur		

We willen nu nog de overeenstemmingen in 't vectorenstelsel nagaan. Vooreerst dan 't samenvallen van twee vectoren ten opzichte van een derden; dit geschiedt in 12 gevallen voor dezelfde vectoren; plaatsen we de vectoren ten opzichte van twee andere, dan vinden we een samenvallen slechts in vier gevallen dezelfde, waarvan onderstaande tabel rekenschap geeft.

TABEL van 't samenvallen van 2 vectoren ten opzichte van 2 andere, zoowel bij Z als H_s :

Identiek-wordende vectoren.	Vectoren, welker ligging vooraf gegeven is.
Isoamylacetaat en guajacol	Valeriaanzuur en skatol
Aethylbisulfide en valeriaanzuur	Guajacol en pyridine
Valeriaanzuur en skatol	Isoamylacetaat en terpineol
Valeriaanzuur en skatol	Isoamylacetaat en guajacol.

Zooals uit deze tabel blijkt, stemmen van de reciprociteiten alleen overeen isoamylacetaat en guajacol ten opzichte van valeriaanzuur en skatol en laten we de nauwkeurigheid dalen tot 2% van 2π , dan vinden we de volgende gevallen bij beiden wederkeerig:

Isoamylacetaat en guajacol met betrekking tot valeriaanzuur en skatol.
 Isoamylacetaat en terpineol „ „ „ muscon en valeriaanzuur.

Een vier-voudige identiteit komt bij Zwaardemaker voor, als isoamylacetaat, nitrobenzol, terpineol en guajacol als vectoren geplaatst worden tegenover de vectoren valeriaanzuur en skatol.

Bij mij wordt eveneens één viervoudige identiteit gevonden en wel isoamylacetaat, terpineol, guajacol en pyridine tegenover valeriaanzuur en skatol. In plaats van nitrobenzol is bij mij pyridine getreden. Houden we in deze meervoudige identiteit alleen rekening met 't gemeenschappelijke, dan kunnen we in beide geurenstelsels, twee groepen van geuren tegenover elkander plaatsen:

<i>Groep A.</i>	<i>Groep B.</i>
Isoamylacetaat	Valeriaanzuur.
Terpineol	Skatol.
Guajacol.	

Wij zijn in de gelegenheid geweest de combinaties, waarin wij overeenstemmen, nog door een derde persoon, den Heer Heringa, adsistent aan het laboratorium, te doen onderzoeken. Ter vergelijking zijn de bedoelde gevallen hier nevens elkander geplaatst.

Gevallen van geurcompensaties, waarin voor *Z* en *Hs* nagenoeg overeenstemmende verhoudingen gelden.

<i>Geurcompensaties :</i>	<i>Z.</i>	<i>Hs.</i>	<i>Ha.</i>
	<i>Verhouding p/q.</i>		
Isoamylacetaat: guajacol	3	2	5.7
Nitrobenzol: terpineol	1.37	2.22	28
Nitrobenzol: muscon	0.43	0.81	0.29
Nitrobenzol: guajacol	0.65	0.61	49
Nitrobenzol: valerianaanzuur	0.03	0.013	0.8
Nitrobenzol: pyridine	3	3.99	10.0
Terpineol: muscon	0.12	0.18	0.05
Terpineol: valerianaanzuur	0.05	0.062	0.026
Terpineol: pyridine	0.50	0.58	0.093
Muscon: aethylbisulfide	1.0	2.27	0.15
Muscon: pyridine	1.2	0.55	0.16
Aethylbisulfide: valerianaanzuur	1.2	0.58	0.13
Aethylbisulfide: pyridine	3.2	1.85	0.45
Aethylbisulfide: skatol	0.023	0.037	0.036
Guajacol: valerianaanzuur	0.030	0.035	0.013

De geurcompensaties, die voor alle drie nagenoeg overeenkomstige waarden geven, zijn terpineol tot valerianaanzuur, aethylbisulfide tot skatol, guajacol tot valerianaanzuur (streng genomen blijft echter alleen aethylbisulfide tot skatol binnen de grenzen der wederkeerige fouten). Brengen we dit in verband met de door ons aangenomen verdeeling in twee groepen A en B, dan blijven van de afgezonderde vijf standaardgeuren er drie over:

Groep A

terpineol

guajacol

Groep B

valerianaanzuur

Deze drie stoffen vertoonen in onderlinge combinatie voor 3 waarnemers ongeveer dezelfde quantitatieve verhoudingen. De combinatie guajacol-valeriaanzuur vertoont bij mij verder deze eigenaardigheid, dat zij één der 3 compensaties vormt, die links en rechts in precies dezelfde verhouding optreden.

't Komt ons gewenscht voor deze drie reukstoffen, terpineol, guajacol en valeriaanzuur bij reukproeven den voorrang boven de andere te geven, omdat ze vermoedelijk op het reukorgaan op 'n bepaalde, met de organisatie verband houdende, kwalitatief en quantitatief gedefinieerde wijze werken. Anders toch zou men zich kwalijk kunnen voorstellen, dat deze drie geuren bij 3 verschillende, onafhankelijk van elkaar werkende waarnemers kwalitatief en quantitatief dezelfde compensaties zouden hebben kunnen geven. Zuiver psychologisch opgevat, zou dit alleen door hoogst zonderlinge toevalligheid verklaard kunnen worden.

Samenvatting.

Met een kort begrip van zijnen inhoud worde dit boekje besloten.

In onderzoek zijn genomen de negen standaardgeuren, die de negen klassen van Linneus-Zwaardemaker vertegenwoordigen, chemisch zuiver te verkrijgen en scherp te definieeren zijn.

Verder zijn ze met uitzondering van muscon gemakkelijk in water oplosbaar, zoodat men deze stoffen zoodanig verdunnen kan, dat enkele druppels, in een besloten ruimte tot verdamping gebracht, nog juist geroken worden; door weging van een gelijk aantal druppels leert men de minimale hoeveelheden van de reukstoffen kennen, die tot waarneming komen.

Deze *minima perceptibilia* zijn voor de verschillende stoffen zeer uiteenlopend en wisselen tusschen 185 millioenste en 35 honderd-millioenste mgr. per L. lucht en wel in deze volgorde: terpineol, pyridine, isoamylacetaat, nitrobenzol, guajacol, valeriaanzuur, aethylbissulfide, skatol, waarbij terpineol de geringste, skatol de grootste reukkracht bezit.

Zulke bepalingen met de reukkast zijn klinisch niet op hun plaats.

Aan den olfactometer van Zwaardemaker is het te danken, dat de reukmeting een meer algemeene toepassing gevonden heeft.

De klinische reukmeter, waarbij de nasale ademstroom een luchtstroom voortbeweegt over een, door

verschuiven van een reukcilinder over een glazen buis, willekeurig te regelen reukoppervlak, is later voor laboratorium-proeven vervangen door den *precisiereukmeter*, waarbij de zuigende kracht op kunstmatige wijze wordt onderhouden. Men houdt deze steeds constant door een waterstraalzuigpomp of een electrisch gedreven ventilator.

Beide soorten reukmeters zijn in dit proefschrift uitvoerig beschreven en bij het onderzoek tot aanwending gekomen; de 1e bij 't bepalen van den reactietijd en de „Unterschiedsschwelle”, de 2e bij 't tot stand brengen der reukcompensaties en 't bepalen der minima perceptibilia.

Deze laatste worden, zooals gebruikelijk, uitgedrukt in centimeters van den uitgeschoven reukcilinder en liggen weder met geleidelijke overgangen tusschen twee uitersten: terpineol met 1.4 cm. en skatol met 0.0025 cm., al is 't dan ook niet in de straks genoemde volgorde, aangezien hier niet van éénzelfden concentratiegraad der reukstofoplossing uitgegaan is, maar de verdunningen zelf zeer variabel gekozen zijn, n.l. 5% als sterkste en 1‰ als zwakste oplossing.

Als een bewijs, dat de *precisiereukmeter* zich voor klinische en physiologische doeleinden uitstekend leent, kan dienen, dat verschillende normale personen nagenoeg dezelfde waarden vinden.

Wij zijn in staat een algemeen gemiddelde op te stellen uit de minima perceptibilia van zes personen met normaal zintuig, die hieronder plaats vinden:

Isoamylacetaat	0.29 cm. ¹
Nitrobenzol	0.06 „
Terpineol	1.6 „

¹ De cijfers van den klinischen reukmeter wijken ter nauwer nood af.

Muscon	0.22	cm.
Aethylbisulfide	0.012	"
Guajacol	0.62	"
Valeriaanzuur	0.04	"
Pyridine	0.027	"
Skatol	0.002	"

Een gering minimum perceptibile dankt een reukstof niet alleen aan haar grootere reukkracht of aan de sterkte der oplossing, maar ook aan een grootere verdampings-snelheid m.a.w. hoe meer reukmoleculen aan de voorbij strijkende lucht atgestaan worden, des te intensiever de geur.

Deze *verdampingssnelheid* te kennen blijkt dus van bizonder gewicht. Wil men haar aan den reukmeter zelf bestudeeren, dan stuit men direct op het onoverkomelijk bezwaar, dat de verdampte hoeveelheden zoo gering zijn, dat een wegen van den cilinder vóór en na een proef onbetrouwbare cijfers geeft.

Een juiste voorstelling van de verdamping der verschillende reukstoffen verkrijgt men echter wel, indien men haar laat geschieden aan vrije oppervlakte n.l. door een klein bekerglaasje met de reukstof in dezelfde verdunning als in den reukmeter op een chemische balans te plaatsen en onaangeroerd te laten staan.

De verdamping blijkt dan in zeer verschillende snelheid plaats te hebben, 't geringst bij aethylbisulfide, sterker bij skatol, valeriaanzuur, guajacol, pyridine, isoamylacetaat, terpeneol en 't sterkst bij nitrobenzol.

Speciaal moet men kennen de verdamping gedurende de eerste oogenblikken, aangezien zij allengs afneemt; 't is dan ook daarom, dat we de micro-weegschaal van Nernst-Riesenfeld te hulp namen, die zeer minimale hoeveelheden nog nauwkeurig aanwijst. Zij bleek met uitzondering van nitrobenzol voor ons doel onbruikbaar, aangezien de balans slechts 't gewicht van

een uiterst fijn druppeltje der paraffine-oplossing verdroeg en de hoeveelheid te verdampen reukstof hierin te gering bleek voor een uitslag.

Dat we de verdamping aan vrije oppervlakte en in den reukmeter niet volkomen gelijk mogen stellen, blijkt wel uit de verdampingssnelheid van nitrobenzol. Met deze reukstof n.l. gelukt het de gedurende bepaalde tijd in een kleinen reukmeter verdampte hoeveelheid met voldoende nauwkeurigheid te wegen, en 't bleek, dat de verdamping in den reukmeter vijf maal langzamer geschiedde dan aan vrije oppervlakte.

Gevolg is dan ook, dat de minima perceptibilia van den reukmeter, vergeleken met die van de reukkast, over 't algemeen te groot uitvallen. Toch echter komt men tot waarden van dezelfde orde. De verschillen wisselen van 0,9 tot 24 voudig. Daar we echter de verdampingssnelheid in den reukmeter voor alle stoffen niet nader kunnen bepalen, is 't ook niet geoorloofd de minima perceptibilia, die we in cm. cilinderlengte uitdrukten, met behulp van de verdampingssnelheid, om te zetten in absolute waarden in gr. Vooral mag dit niet, omdat we bij olfactometrische bepalingen steeds te maken hebben met adsorptie van de geuren aan glas, een storende factor, die eveneens onmogelijk in rekening te brengen is.

Wat deze *adsorptie* betreft, zijn 't er gelukkig slechts enkelen, die in de olfactometrie eenig bezwaar opleveren en wel muscon en skatol, de eerste zelfs zoodanig, dat daarvoor een aparte, een ijzeren reukmeter vervaardigd is, aangezien de adhaesie van muscon aan ijzer miniem is.

De adsorptietijden, waaronder we verstaan de duur, gedurende welke een of andere stof een reukstof vasthoudt, blijken voor de verschillende geuren en deze ten opzichte van verschillend materiaal (we onder-

zochten in 't geheel 13 soorten) bijzonder variabel te zijn, zoodat men veilig doet den olfactometer een geheel afzonderlijke plaats in de reukmeting in te ruimen en niet in vergelijk te brengen met de reukkast, waar we 1e met de verdampingssnelheid niets te maken hebben en 2e de adsorptie vrijwel verwaarloosd kan worden. Juist daarom noemden we de reukkastmethode voor 't vaststellen van absolute waarden meer geeigend, den olfactometer voor tal van andere physiologische problemen en voor klinisch gebruik reserveerend.

Bedienden we ons straks voor het bepalen der minimale hoeveelheden der reukgewaarwording van den precisiereukmeter, bij het bepalen van den *reactietijd* diende ons de klinische reukmeter.

Terwijl telkens een snuffelbeweging aan dezen reukmeter gemaakt werd, werd op 't oogenblik, dat gene tot waarneming kwam, met de hand een electrisch signaal in beweging gebracht en 't geheel op een beroeten trommel neergeschreven.

De verloopen tijd van het moment der sensatie tot de signaleering, vormt den reactietijd, welke in vergelijking met die der andere zintuigen hier bijzonder lang is. Zoo vonden we als grootste reactietijd 0.68 sec. n.l. voor guajacol en als kleinste 0.39 sec. voor skatol, terwijl als gemiddelde uit de negen geuren een bedrag gevonden werd van 0.52 sec., na aftrek van den tijd, dien de reukstof noodig heeft, om het reukorgaan van af de reukbron te bereiken.

Als typisch geldt, dat bij toename der prikkelsterkte de reactietijd in 't algemeen verkort wordt. Duidelijk komt dit uit bij guajacol, dat als reactietijd bij 1½, 3, 5 en 10 olfactiën achtereenvolgens geeft 0.68, 0.67, 0.45 en 0.42 sec.

Verlengd daarentegen wordt de reactietijd, als het reukorgaan op een of andere wijze *vermoeid* wordt;

wij deden dit door voorafgaand ruiken aan een meer geconcentreerde oplossing.

Merkwaardig was, dat deze verlenging van den reactietijd door vermoeienis zich niet beperkte tot de stof, waarvoor vermoeid was, maar zich ook uitstreckte over enkele andere stoffen n.l. na vermoeienis met isoamylacetaat werd de reactietijd van valeriaanzuur eveneens verlengd en omgekeerd, verder na vermoeienis met nitrobenzol die van isoamylacetaat verlengd. Tenslotte kon ik in één geval verkorting van reactietijd constateeren n.l. van skatol bij vermoeienis door valeriaanzuur, dus een soort van contrastwerking.

Een 2e eigenaardigheid is, dat éézijdige vermoeienis een verlenging van reactietijd beiderzijds geeft, een bewijs dus, dat het proces der vermoeienis zich niet uitsluitend in 't reukorgaan zelf afspeelt, maar alleen of eveneens centraalwaarts.

Ook bij het bepalen van de „*Unterschiedsschwelle*” is van den klinischen reukmeter gebruik gemaakt. Onder deze uitdrukking van Weber wordt verstaan de kleinste betrekkelijke verandering van prikkelsterkte, die noodig is, om een waarneembaar verschil in sterkte van sensatie teweeg te brengen.

Gelijk Zwaardemaker en Gamble hebben aangetoond is deze wet van Weber ook op den reukzin van toepassing en wel bedraagt de „*Unterschiedsschwelle*,” conform met Gamble, gemiddeld 38 % van den prikkel, terwijl de „*Unterschiedsschwelle*” 't grootst is bij skatol n.l. 62% en 't kleinst bij isoamylacetaat n.l. 24 %.

En de reactietijd, en de vermoeienis en de „*Unterschiedsschwelle*” ontmoeten we telkens weêr, als we ons bezighouden met *reukcompensaties*.

Want het feit, dat niet steeds volkomen compensatie optreedt, kan zijn oorsprong vinden in het vroeger of later tot bewustzijn komen van een der geuren of afhangen van een spoediger of minder spoedig vermoeid-zijn voor de eene reukstof en ten slotte het experimenteel aangetoonde feit, dat reukcompensatie in evenredige verhoudingen der prikkelsterkten mogelijk is, hebben we in verband gebracht met de „Unterschiedsschwelle.”

Uit het bovenstaande volgt reeds voldoende, dat een totale neutraliseering van den eenen geur door den anderen, niet overal mogelijk kan zijn, doch een zoodanige verzwakking, dat de qualiteit der gewaarwording onbepaald wordt, is steeds mogelijk.

In 't geheel zijn 36 combinaties mogelijk. Beschouwen we haar verhoudingsgetallen, in olfactiën berekend, onderling, dan zien we een bonte mengeling van getallen, schijnbaar zonder orde, regelmaat of verband. Twee hulpmiddelen staan ons nu ten dienste, om zoodanig verband tusschen de compensaties te leggen, dat we aan den eenen kant verwantschappen, aan den anderen tegenstellingen tusschen de negen standaardgeuren op 't spoor gekomen zijn.

Deze twee middelen zijn de tangenten- en de vectoren-behandeling.

De laatste steunt op een theoretische basis, geeft eenanschouwelijke voorstelling van de compensaties, de eerste is meer een kunstgreep, in behandeling eenvoudiger en leidend tot gelijke uitkomst n.l. een wegdoezelen van verschillen.

Op deze twee wijzen zien we onderlinge betrekkingen optreden, die nauwer worden, wanneer we deze bij een tweede persoon zich zien herhalen en we komen er toe met inachtneming van een overeenstemmen in verhoudingsgetallen bij drie personen, een 3-tal

geuren af te zonderen, waarvan terpineol en guajacol tot één groep vereenigd kunnen worden, om zich scherp te plaatsen tegenover de derde, valeriaanzuur.

Deze beschreven reukcompensatie geschiedde unilateraal d.w.z. 2 geuren worden tegelijk hetzelfde neusgat toegevoerd, doch ook een *bilaterale compensatie* hebben we beproefd, door 2 geuren, gescheiden door het neustusschenschot, in ieder neusgat te brengen.

Volkomen compensatie is dan niet vaak, verzwakking steeds te verkrijgen.

We hebben dan ook de compensatie niet als een chemisch proces, maar physiologisch, als een proces, dat zich wederom in ons centraalorgaan afspeelt, te beschouwen.

Verder valt op, dat men een geheel andere verhouding van de beide reukstoffen noodig heeft dan bij unilaterale en eveneens, wanneer men de reukbronnen omwisselt, zoodat, wat eerst geroken werd door 't rechter neusgat, nu links geroken wordt en omgekeerd. Wel oefent de zoo verschillende wijze van ademen rechts en links eenigen invloed daarop uit, doch alleen, door een grootere gevoeligheid van de eene hemisfeer voor sommige geuren aan te nemen, kunnen we een verklaring van bovengenoemde verschijnselen geven. Zoo kwamen we er toe uit vergelijking der verhoudingsgetallen een groote gevoeligheid der linker hemisfeer voor isoamylacetaat en een geringe gevoeligheid voor valeriaanzuur, pyridine en skatol aan te nemen.

STELLINGEN.

- I. De bilaterale vermoeienis bij ééNZijdige prikkeling van het neus-slijmvlies pleit vóór een semi-decussatie van de reukzenuw.
- II. De medicamenteuse therapie van darmstoornissen bij kinderen staat achter bij de diaetetische behandeling met Yoghurt.
- III. Lordose moet als causa praedisponens van orthostatische albuminurie beschouwd worden.
- IV. Aan een appendectomie bij vrouwen moet een gynaecologisch onderzoek voorafgaan.
- V. Het refractair stadium bij reflexen berust niet op een algemeene eigenschap der zenuw-centra, doch moet als een coördinatie-mechanisme, dat rhythmische reacties doet optreden, beschouwd worden.
- VI. De oorzaak der arthropathia tabetorum ligt in een ziekte van het vaatstelsel.
- VII. Anosmie kan een pathognomonisch differentieel-diagnosticum zijn tusschen organische en functioneele hemiplegie.
- VIII. De locaal-anaesthesie bij enucleatie van den bulbus oculi moet de algemeene narcose in de meeste gevallen vervangen.

- IX. De bacil van Bordet-Gengou is de oorzaak van den kinkhoest.
 - X. De interfibrillaire stof van het fibrillaire bindweefsel is een mengsel van meerdere mucoïde stoffen.
 - XI. De stand van den grooten teen bij den kindervoet vindt zijn verklaring in de phylogenie.
 - XII. De kenteekenen van den criminal né mogen niet als symptomen van misdadigheid worden beschouwd.
-

