

OVER DE OSMOSE VAN KEUKENZOUT.

LEIDEN: BOEKDRUKKERIJ VAN L. VAN NIFTERIK HZ.

OVER DE  
OSMOSE VAN KEUKENZOUT.

---

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE,

AAN DE HOOGESCHOOL TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. D. BIERENS DE HAAN,

HOOGLERAAR IN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE,

OP MAANDAG DEN 25sten NOVEMBER 1872, DES NAMIDDAGS TE 3<sup>U</sup> UREN,

IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN

DOOR

BOUDEWIJN CASPER GOUDSMIT,

GEBOREN TE LEIDEN.

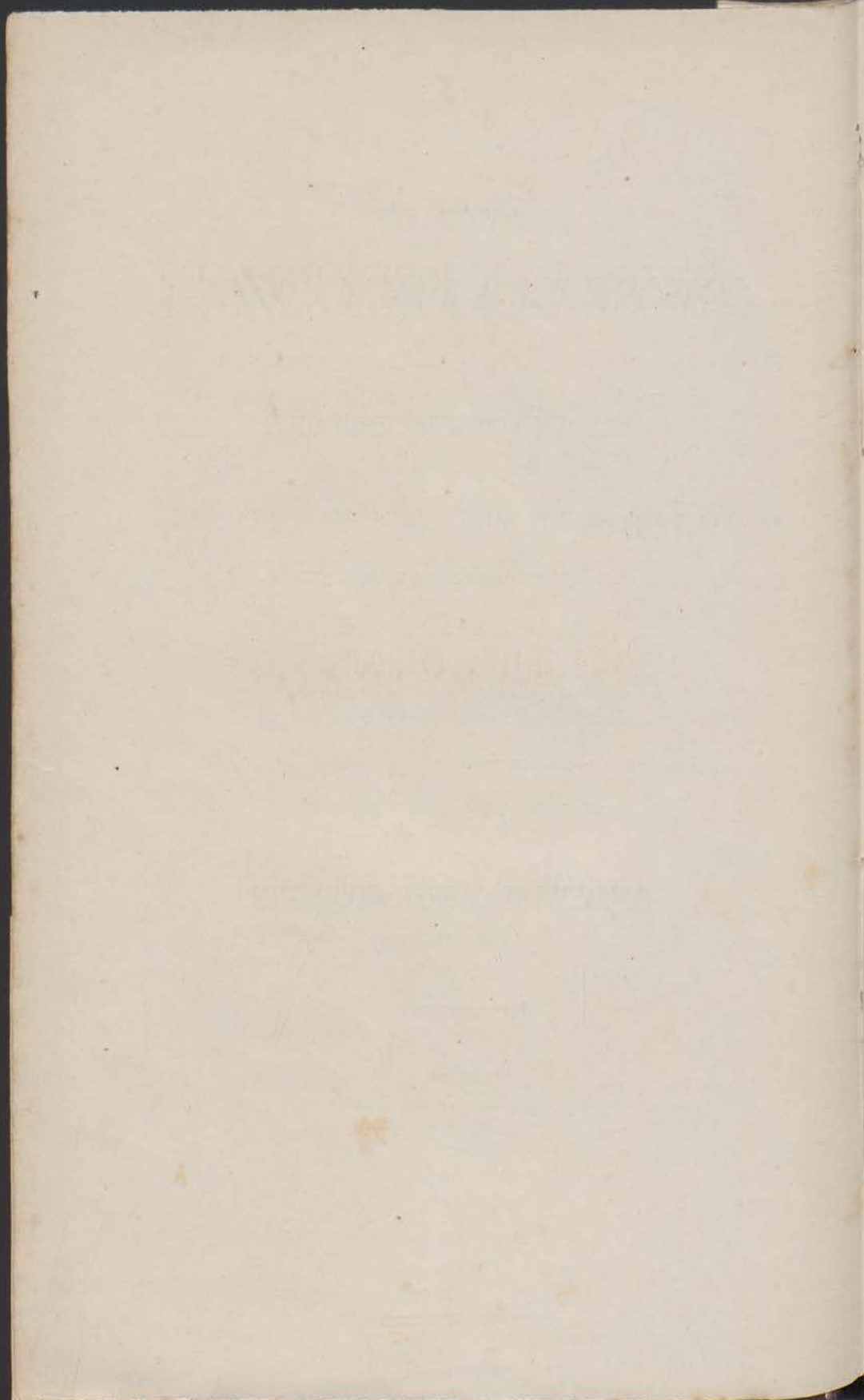
---

LEIDEN,

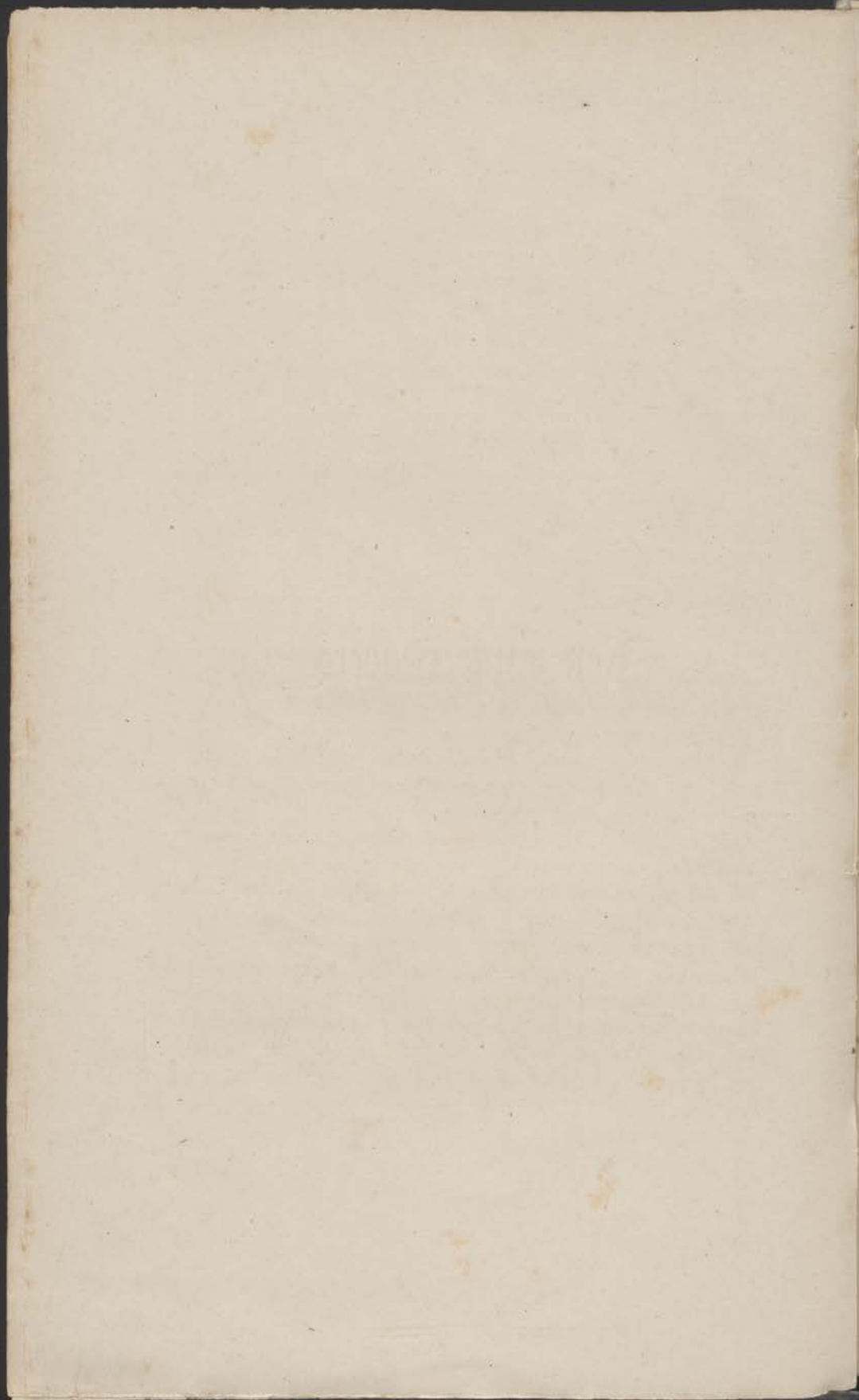
W. T. WERST,

(FIRMA: JAC. HAZENBERG, CORN. ZOON.)

1872.



Van mijne Ouders.





## VOORREDE.



Aanvaardt lieve Ouders, de opdracht van mijn Academisch proefschrift als een gering bewijs van de gevoelens van innige dankbaarheid, die mij bezielen op het oogenblik dat ik de academie ga vaarwel zeggen. Het zou U, ik weet het, niet aangenaam zijn, wanneer ik hier openlijk nitsprak, hoe oneindig veel ik u verplicht ben. Maar den drang van mijn gemoed te weerstaan, is mij onmogelijk. Ik heb er behoefte aan U hier mijn warmen dank, mijn innige erkentelijkheid te betuigen voor de vele en aanhoudende zorgen door U aan mijne opvoeding besteed. Geen ijdele vorm dus, dat ik aan mijn academisch proefschrift Uw naam verbind, maar alleen de wensch daardoor uittedrukken, dat wat de toekomst ooit voor mij moge opleveren, ik niets aan mij zelf maar alles aan U te danken heb.

De groote verplichtingen, die ik jegens mijne ouders heb, mogen mij niet doen vergeten hoezeer ik U dank verschuldigd ben Hooggeleerde Heeren der wis- en natuurkundige faculteit en inzonderheid U hooggeschatte Promotor, voor het degelijke en voortreffelijke onderwijs, dat ik van U heb genoten, voor de talrijke bewijzen van belangstelling van U steeds ondervonden. Steeds zal het mij een eer wezen, dat ik heb mogen behooren tot uwe dankbare leerlingen.

Ook U Hooggeleerde Heeren BIERENS DE HAAN en VAN GEER ben ik dankbaar voor het onderwijs dat ik gedurende zoo vele jaren van U mocht ontvangen. Ook uw humane omgang, uw groote welwillendheid zullen mij steeds een aangename herinnering blijven.

Hoewel ik in de laatste jaren Hooggeleerde Heeren VAN DER BOON MESCH en SURINGAR uwe lessen niet meer heb gevolgd, ben ik U niet minder voor uw onderwijs erkentelijk.

Hoe gaarne had ik ook KAISER mijnen dank betuigd voor zijn voortreffelijk onderwijs, zijne liefderijke bejegening. Hoe gaarne had ik hem tegenwoordig gezien bij de plechtigheid, die mij van de Academie zal scheiden. Diep betreur ik ook heden zijn sterven. Ik had mij zoo geleid hem te kunnen zeggen, dat ik niet licht den tijd vergeten zal, toen ik geboeid werd als zoo vele anderen door zijn bezielende taal, toen ik zijne hartelijke belangstelling zoo ruimschoots mocht ondervinden.

De practische lessen, die ik in de laatste jaren inzonderheid bij de samenstelling van dit proefschrift van U, Zeergeleerde GERLAND, heb ontvangen, waardeer ik zeer. Waar ik ongeoeffend waarnemer zwarigheden vond of meende te vinden, waart gij steeds bereid mij te hulp te komen; ontvang daarvoor mijn welgemeenden dank.

Gij allen wier vriendschap aan de Academie ik heb mogen genieten en die voor een groot gedeelte reeds de Maatschappij zijt ingetreden, blijft U mijner herinneren.

## INLEIDING.

---

Verbazend zijn de vorderingen, in deze eeuw op het gebied der natuurkunde gemaakt. Op bijna ieder onderdeel dezer wetenschap heeft zich de invloed van belangrijke en verrassende ontdekkingen doen gevoelen. Omtrent den aard en de beteekenis van een menigte verschijnselen hebben onze denkbeelden de gewichtigste wijzigingen ondergaan; men heeft eenheid en samenhang ontdekt tusschen een aantal feiten, die voorheen zonder eenig verband, en geheel van elkander afgescheiden, alleen een plaats konden innemen in de rijen der bekende waarheden, doch wier diepere en hoogere beteekenis, als deelen van een harmonisch geheel ons volslagen onbekend waren. Met volkomen zekerheid kennen wij thans de wetten, waaraan krachten gehoorzamen, wier bestaan te voren zelfs niet vermoed werd, in één woord de wetenschap der natuurkunde heeft deel genomen aan de uitgebreide beweging, die zich op het gebied der experimenteele wetenschappen heeft geopenbaard, en is evenals hare zusters een geheel nieuwe phase ingetreden.

Een van de onderscheidende kenmerken dier nieuwere richting is wel deze, dat de moliculaire krachten een plaats innemen, en zich een invloed hebben verworven, grooter dan men zich te voren ooit had kunnen voorstellen. Het wordt tegenwoordig als een uitgemaakte waarheid beschouwd, dat in hare hand de sleutel is gelegen, ter verklaring van bijna alle natuurkundige verschijnselen, die ons tot nu toe raadselachtig voorkomen.

Het is dan ook niet te verwonderen, dat het streven der physici van den lateren tijd veelal daarheen gericht was, zich met de werking dier krachten bekend te maken, om zich langs dien weg een beter inzicht in de geheimen der natuur te verwerven. En die pogingen zijn niet geheel vruchteloos gebleven. De verbeteringen, die de natuurkundige instrumenten voornamelijk in deze eeuw hebben ondergaan, welke ons toelaten onze waarnemingen te verrichten met een voorheen ongekende scherppte en naauwkeurigheid, vooral de ongeloofelijk juiste en gevoelige balanssen, die tegenwoordig worden vervaardigd, hebben daartoe het hare bijgedragen. Maar toch is nog op verre na omtrent de moliculaire krachten het laatste woord niet gesproken, nog onafzienbaar is het veld ter beoefening overgelaten. Er is dan ook geen onderzoek, dat zoo groote en eigenaardige bezwaren oplevert. Hier geen resultaat, verkregen door één enkelen scherpzinnigen waarnemer door een gelukkige ingeving of een treffende gedachte, noch schitterende ontdekking, met weinig inspanning gedaan. Hier wordt meer dan ergens anders vereischt: jaren van volharding, nauwkeurige waarneming, éénheid van richting bij verschillende waarnemers, zal de

draad kunnen worden vastgehouden, die verschijnselen verbindt, welke zich onder zoo verschillende vormen en schakeeringen openbaren. Alleen, als op het zelfde punt verschillende krachten in dezelfde richting werkzaam zijn, is er vooruitgang mogelijk, en die samenwerking wordt nog veelal gemist. Hoe verdienstelijk ook de arbeid van enkelen op dit gebied geweest zij, een vast plan van gemeenschappelijk onderzoek, van eendrachtige medewerking ontbreekt nog al te zeer.

Nergens openbaart zich dat gemis aan eenheid, en die weinige volharding in zoo sterke mate, als bij het onderzoek naar een van de vele vormen, waarin zich de werking der moliculaire krachten uit, de osmose. Hoewel haar bestaan reeds meer dan een eeuw bekend is, is men niet alleen nog niet tot een voldoende verklaring van het verschijnsel gekomen, maar heerscht er veeleer nog onzekerheid omtrent de voornaamste wetten, waaraan het gebonden is. Wel hebben tal van natuurkundigen gedurende korteren of langeren tijd zich met dit onderwerp bezig gehouden, wel hebben bijna allen als vrucht van hunne behandeling van één enkel gedeelte, eene verklaring van het verschijnsel trachten te geven, maar meestal wijdden zij daarna hunne krachten aan een ander onderdeel der natuurkunde. Een ander onderzoek door een tweeden waarnemer ondernomen omtrent een ander gedeelte der osmose, deed dan ook spoedig de onjuistheid eener vorige verklaring inzien, en bevestigde de zoo dikwijls herhaalde, maar ook zoo vaak verzuimde waarheid, dat niets onvruchtbaarder is dan het geven eener verklaring van een verschijnsel, dat wij in zijn aard en werking niet volledig kennen.

Het kwam mij niet onbelangrijk voor, de veelal tegenstrijdige resultaten, waartoe verschillende waarnemers omtrent eenige verschijnselen van de osmose eener zoutoplossing gekomen zijn, te toetsen aan de waarnemingen daaromtrent door mij volbracht. Het resultaat dier genomen proeven is het onderwerp van dit proefschrift.

Ik heb mij om de hierboven opgegeven redenen streng onthouden van alle beschouwingen of bespiegelingen omtrent het wezen der osmose, overtuigd als ik ben, dat elke theorie, steunende op zoo weinig vaststaande feiten, nauwelijks den naam van hypothese waardig is.

Wil men een overzicht hebben van hetgeen omtrent dit onderwerp gedaan en gevonden is, en van de verschillende verklaringen voor het verschijnsel gegeven, men leze het voor de geschiedenis der osmose zoo belangrijke werk van Prof. Tjaden Modderman <sup>1)</sup>.

Heb ik niet voldaan aan de eischen, die men het recht heeft aan een wetenschappelijke verhandeling te stellen, men houde in het oog, dat de schrijver van een academisch proefschrift alleen tot eigen oefening en leering, niet tot voorlichting van anderen schrijft.

---

<sup>1)</sup> Modderman, de leer der osmose, academisch proefschrift, 1857.

## EERSTE HOOFDSTUK.

VOORZORGEN, BIJ HET ONDERZOEK IN ACHT TE NEMEN.

---

### § 1.

#### Keuze der zoutoplossing.

Dutrochet <sup>1)</sup>, de eerste, die zich bezig hield met een wetenschappelijk onderzoek der osmose, maakte als zoutoplossing gewoonlijk gebruik van Sulphas Cupri. Ik begon met een onderzoek in te stellen naar de bruikbaarheid van dit zout vóór proeven over dit onderwerp. Reeds dadelijk bleek het tot nauwkeurige waarneming ongeschikt te zijn. Wanneer immers de door mij gebruikte dierlijke membranen eenigen tijd met de oplossing in aanraking geweest waren, werden zij ontleed, en voor verdere proefnemingen volmaakt onbruikbaar. Werd de zoutoplossing in een buis gebracht, met een dierlijke membraan afgesloten, dan lekte zij er na korten tijd aan alle kanten

---

<sup>1)</sup> Dutrochet, annales de chimie et de physique. T. XXXV.

door fijne openingen door. Ware dus de methode, door Dutrochet bij zijn onderzoek gevolgd, zoo juist mogelijk, hetgeen zonder eenigen twijfel het geval niet is, daar hij alleen vermeerderingen of verminderingen in volumen waarnam, zonder op de veranderde samenstelling der vloeistof te letten <sup>1)</sup>, dan nog verdienen zijne proeven met Sulphas Cupri genomen, niet het minste vertrouwen. Alleen daar, waar het geldt het bestaan van het verschijnsel gemakkelijk te kunnen constateeren, levert dit zout door zijn kleur eenig voordeel op. Latere waarnemers hebben zich met dit zout dan ook weinig bezig gehouden.

Bij dit alles komt nu nog de omstandigheid, dat er een zout bestaat, dat een onbetwistbaar voordeel heeft boven de meeste andere. Het keukenzout namelijk heeft bij verschillende temperaturen toch altijd ongeveer dezelfde oplosbaarheid <sup>2)</sup>. Dit is van het hoogste belang. Immers wil men den invloed nagaan, dien eene verandering in de omstandigheden, waaronder een verschijnsel plaats heeft, op dat verschijnsel uitoefent, dan moet men zorgen, dat zich, zooals Eckhard <sup>3)</sup> het uitdrukt, de in-

<sup>1)</sup> Volgens deze methode, moet men b. v. tot de gevolgtrekking komen, dat, wanneer beide stroomen gelijk zijn, er geen osmose plaats heeft.

<sup>2)</sup> 37 deelen keukenzout zijn oplosbaar in 100 deelen water. Deze waarde verandert niet merkbaar binnen de temperatuurs-grenzen, waarin mijne proeven vielen.

<sup>3)</sup> C. Eckhard, der gegenwärtige experimentelle Thatbestand der Lehre von der Hydrodiffusion durch thierische Membranen. Pogg. Ann. Band CXXVIII. Ik heb mij moeten vergenoegen met deze verhandeling, die slechts een uittreksel is uit hetgeen hij over dit onderwerp in zijne Beiträge zur Anatomie und Physiologie heeft medegedeeld, daar ik zijn oorspronkelijken arbeid niet heb kunnen verkrijgen.



vloed dier wijziging zuiver openbare, dat wil zeggen, de aangebrachte verandering mag niet een andere ten gevolge hebben, die ook zelf op den loop van het verschijnsel een wezenlijken invloed uitoefent. Passen wij dezen regel hier toe, dan blijkt het, dat wanneer wij bij voorbeeld den invloed willen onderzoeken, dien eene verhooging van temperatuur op de verschijnselen der osmose teweegbrengt, wij geene zoutoplossing mogen nemen, wier oplosbaarheid met de temperatuur verandert. Immers dan zullen de wijzigingen in het verschijnsel niet alleen direct het gevolg zijn van de temperatuursverhooging, maar ook indirect van den invloed, dien eene veranderde oplosbaarheid op het verschijnsel uitoefent. In plaats van een enkelvoudige wijziging, hebben wij dus eene samengestelde als gevolg van twee geheel verschillende oorzaken verkregen.

Het is daarom, dat ik op het voorbeeld van Eckhard mijn keuze vestigde op chloornatrium, een zout, dat bovendien gemakkelijk in voldoende zuiverheid verkrijgbaar is.

## § 2.

### Keuze van membranen.

Het behoeft geen betoog, dat die membranen het best aan het voorgestelde doel beantwoorden, die de meest homogeeene structuur bezitten, en het minst ontleed worden onder den invloed der vloeistoffen, waarmede zij in aanraking komen.

Verdiens in de eerste plaats aan anorganische poreuze stoffen een plaats te worden ingeruimd in de rij der bruik-

bare membranen? Een enkele blik geslagen op de uitkomsten der waarnemingen, daarmede verricht, is voldoende, om ons van hunne volstrekte onwaarde te overtuigen. Welk vertrouwen immers is b. v. te stellen in de volgende tegenstrijdige beweringen? De een <sup>1)</sup> ontzegt aan anorganische poreuze stoffen alle osmotische werking, terwijl een tweede <sup>2)</sup> ze daartoe uitermate geschikt oordeelt, en vooral sterk aanbeveelt de poreuze potten, zooals zij bij galvanische batterijen gebruikt worden. Weer een ander <sup>3)</sup> leidde uit zijne waarnemingen af, dat bij deze tusschenwanden de osmotische werking afhing van den aard der gebruikte vloeistoffen. Een vierde waarnemer <sup>4)</sup>, die meende de schoonste resultaten te hebben verkregen, wordt met klem wederlegd door Eckhard <sup>5)</sup>, die ons overtuigt, dat uit Ficks waarnemingen geen enkel resultaat kan worden afgeleid, ja zelfs, daar waar Fick aequivalenten vond, zooals 27.4 en 28.5, verkreeg Eckhard onder dezelfde omstandigheden.

+ 0.6      , -0.09      + 0.07      + 0.02

Een ander resultaat door Fick medegedeeld, en door Eckhard besproken, is niet minder treffend, en kan ons evenzeer van de weinige waarde van Ficks waarnemingen overtuigen: bij het onveranderd blijven van alle andere omstandigheden, vond hij bij de volgende concentraties de daarachter geplaatste aequivalenten:

<sup>1)</sup> Journal de pharmacie et de chimie, XXIV pag. 100 env.

<sup>2)</sup> Dutrochet, t. a. p.

<sup>3)</sup> Graham, on osmotic force, philos. transactions 1854.

<sup>4)</sup> Fick, Pogg. Ann. Band XCIV.

<sup>5)</sup> t. a. p.

Concentraties.	Aequivalenten.
0.015	28.5
0.016	29,3
0.018	36.8

Een tweede onoverkomelijk bezwaar bij deze wanden is hare sterke ontleedbaarheid.

De keuze beperkte zich nu nog alleen tot dierlijke, collodium- en perkamentpapieren membranen <sup>1)</sup>. Voor de bereiding van collodiummembranen heeft Schumacher <sup>2)</sup> eene uitstekende methode gegeven, doch aan deze wanden is het groote bezwaar verbonden, dat het osmotisch proces uiterst langzaam geschiedt, terwijl het ons bovendien blijken zal, dat perkamentpapieren membranen aan alle eischen voldoen, die men te stellen heeft.

Onder de dierlijke membranen beveelt zich meer dan eenige andere de door Eckhard <sup>3)</sup> en door W. Schmidt <sup>4)</sup> gebruikte hartzak van het rund in verschen toestand aan <sup>5)</sup>. De structuur is meer dan bij eenig ander dierlijk vlies

<sup>1)</sup> Wel zijn er nog proeven genomen met andere wanden, zooals door Dutrochet met peulvruchten, door Jerichau met boombladeren, door Graham en Liebig met gecoaguleerd eiwit, enz., doch het is gebleken, dat deze membranen ongeschikt zijn tot het vaststellen van eenige wet, door hare groote veranderlijkheid tijdens de proefnemingen.

<sup>2)</sup> Schumacher, die Diffusion.

<sup>3)</sup> t. a. p.

<sup>4)</sup> Versuche über die Endosmose des Glaubersalzes. Pogg. Ann. Band CII blz. 122 enz.

<sup>5)</sup> Reeds Ludwig had van dezelfde membranen gebruikt gemaakt. Wij kunnen echter niet veel vertrouwen stellen in de door hem verkregen resultaten; door de wijze waarop hij ze bereidde, en den langen tijd, gedurende welken hij ze somtijds bewaarde.

homogeen, en zooals later zal worden aangetoond mogen wij van dezelfde membraan zonder te groote fout te maken gelijktijdig verschillende stukken gebruiken. Of het echter waar is, wat Schmidt beweert, dat zij onder den invloed van keukenzout of glauberzout niet ontleden, kunnen wij op grond van onze hieronder meêgedeelde waarnemingen onmogelijk bevestigen.

De membranen worden op de volgende wijze ten gebuik geschikt gemaakt; na het slachten van het rund, terwijl het nog warm is, moeten zij zooveel mogelijk bevrijd worden van het vet, dat zich er tegen aan bevindt. Geheel laat dit echter niet dadelijk los; daartoe moet de membraan gedurende eenige uren in gedistilleerd water worden gelegd. Door haar vervolgens nog vier en twintig uren in alcohol te bewaren, kunnen wij ze gemakkelijk van het laatste vet ontdoen. Worden de membranen niet dadelijk gebruikt, dan moeten zij in alcohol bewaard worden, en vóór dat men er mede proeven neemt, de laatste sporen van alcohol er uit gewasschen worden, door ze gedurende eenige uren in gedistilleerd water te leggen. Een begin van ontleding is bovendien zeer gemakkelijk te herkennen aan de eigenaardige reuk, die de membraan in dit geval verspreidt.

Het perkamentpapier vereischt geen andere bewerking dan het weeken gedurende een half uur in gedistilleerd water.

### § 3.

#### Inrichting van den osmometer.

De door mij gebruikte osmometer is in hoofdzaak de-

zelfde als die welke het eerst door Jolly is aangewend <sup>1)</sup>, en later door allen, die op zijn voorbeeld de in beginsel onjuiste volumemethode vervangen hebben door de gewichtsmethode.

Een aan beide zijden open glazen cylinder ter hoogte van ongeveer twee decimeters en met een diameter van ongeveer 18 m.m. is aan het eene uiteinde voorzien van een rand, waarom de membraan gebonden wordt.

Een eerste vraag is nu, moet de osmometer van boven worden gesloten, of is het beter hem open te houden? Aan beide methoden zijn eigenaardige voordeelen en zwakheden verbonden. Door de buis van boven te sluiten, wordt het volumen der lucht, als de vloeistof in den osmometer rijst, kleiner en de drukking niet onbelangrijk vermeerderd. De volgende proef diene, om het groote nadeel hiervan aan te toonen; sloten wij den osmometer met een kurk, en stelden wij hem dan aan het osmotisch proces bloot gedurende zoo langen tijd, dat er eene merkbare rijzing in den osmometer plaats had, dan was de spanning der membraan, zoo aanzienlijk, dat de vloeistof door de poriën druppelde; die spanning was veel grooter dan die welke wij verkregen, wanneer wij den osmometer zonder kurk tot op een veel grootere hoogte met vloeistof vulden; wij konden dan, als de membraan oorspronkelijk goed was, geen enkelen druppel van de vloeistof aan de ondervlakte bespeuren. Maar aan den anderen kant staan ook aan het openlaten van den osmometer groote nadeelen in den weg. Gedurende den ganschen loop van het proces

<sup>1)</sup> Zeitschrift für rationelle Medicin, VII 1849.

zal er vloeistof verdampen, die tengevolge daarvan aan de berekening wordt onttrokken; en die hoeveelheid is lang niet gering genoeg, om vooral bij eenigszins hoogere temperaturen verwaarloosd te mogen worden.

Reeds vroeg was men op middelen bedacht, om aan deze bezwaren te gemoet te komen. Jolly <sup>1)</sup> deed dit op de volgende wijze; naast zijn osmometer had hij een tweede buis geplaatst, van boven open, die hij met een gelijk volumen water had gevuld, als in den osmometer aanwezig was. De hoeveelheid verdampt water werd gevonden door de controlebuis vóór en nadat de osmometer in water gesteld was, te wegen. Hij nam aan, dat als de temperatuur in beide buizen dezelfde was, in beide ook evenveel vloeistof verdampte, zoodat hij door de vermindering in gewicht, die de controlebuis had ondergaan, te voegen bij het gewicht van den osmometer, de fout van het verdampen in rekening bracht. Hij gaat hierbij echter uit van de valsche onderstelling, dat er van eene zoutoplossing evenveel verdampt als van gedistilleerd water.

Ludwig <sup>2)</sup> bedekte daarentegen den osmometer met gedurig vochtig gemaakt vloeipapier en plaatste over den geheelen toestel een glazen klok. Zoodra nu in de klok de waterdamp is verzadigd, houdt het verdampen op. Dezelfde methode werd ook door Schmidt <sup>3)</sup> toegepast. Ik meen echter het beoogde doel op de volgende wijze eenvoudiger te hebben bereikt. De osmometer werd afgesloten

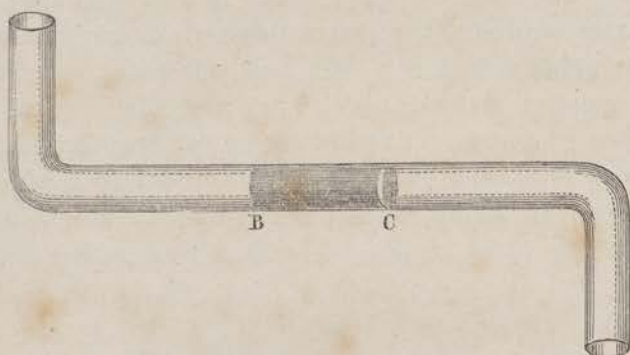
---

<sup>1)</sup> Jolly, t. a. p.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für rationelle Medicin. VIII. 1849. bl. 4 env.

<sup>3)</sup> t. a. p.

met een doorboorde kurk, waarin een glazen buisje geplaatst was van dezen vorm.



De ruimte BC werd met water gevuld. Wanneer nu in den osmometer de vloeistof rees, dan werd de zuil BC zoolang voortgestuwd in den horizontalen arm, totdat de drukking in den osmometer weder gelijk geworden was aan die van den atmosfeer.

Dat de fout van het verdampen hierdoor uiterst gering geworden is, behoeft nauwelijks te worden aangetoond. De volgende proef diene ten overvloede tot bevestiging. Een reageerbuisje, tot op de helft met water gevuld, werd gewogen. Het gewicht bedroeg: Grm. 38,579 ruim.

Nadat het met de van het buisje voorziene doorboorde kurk gesloten was, werd het na 24 uren weder gewogen, en toen bedroeg het gewicht bij een temperatuur van  $15^{\circ}$  C.: Grm. 38,576 bijna <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Ook het water in de bekeerglazen, waarin de osmometers geplaatst werden, verdampde. Deze fout mag echter verwaarloosd worden, in de eerste

Door middel van koordzijde werden de dierlijke membranen om den osmometer vastgebonden. Door het nat worden zwelt de draad op, zoodat zij vast tegen den osmometer aansluit. Bij perkamentpapieren membranen was een zoodanige sluiting echter niet voldoende. Door hare veel grootere elasticiteit sloten zij veel minder goed, en moesten zij daarom tot op een hoogte van ongeveer 4 c.m. om den osmometer gebonden worden, nadat zij eerst van den rand af tot op die hoogte met schellak waren ingesmeerd <sup>1)</sup>.

#### § 4.

Beschrijving der wijze, waarop de proeven genomen zijn.

Nadat wij ons hebben bezig gehouden met de keuze der stoffen, bij het onderzoek te gebruiken en de inrich-

---

plaats, daar wij ter bepaling der osmosestroomen het absoluut gewicht van dat water niet noodig hebben, en in de tweede plaats omdat bij zulk een groot volumen water, waarin geen zout opgelöst was, dan alleen dat wat door de osmose uit den osmometer kwam, de concentratie, die onmerkbaar klein was, niet noemenswaardig grooter wordt door het verdampen van een relatief geringe hoeveelheid water.

<sup>1)</sup> Dr. van der Wall deelt in zijn academisch proefschrift over diffusie en dialyse (1869) mede, dat het hem gelukt is, door het perkamentpapier goed doorweekt om den osmometer te binden, en zoo te laten droogen, en er daarna een linnen draad eenige malen om heen te wikkelen, volkomen sluiting te hebben verkregen. Mij is dit zonder schellak nooit mogen gelukken. Wel sloot zij volkomen waterdicht, zoolang zij vochtig was, maar zoodra zij aan de binnenzijde droog was, kwam het vocht tusschen de membraan en den osmometer door.



ting van den osmometer, moeten wij nu de wijze waarop ons onderzoek werd gedaan, beschrijven.

Werden dierlijke membranen gebruikt, dan werden zij gedurende eenige uren in gedistilleerd water gelegd, dat telkens vernieuwd werd, totdat de laatste sporen van alcohol uit de membranen verdwenen waren; perkamentpapieren membranen daarentegen werden ongeveer een half uur in gedistilleerd water geweekt. Daarna werden zij onder eene geringe drukking tusschen filtreerpapier gelegd, totdat dit niet meer vochtig werd. Vervolgens werden zij om den osmometer gebonden en hare bruikbaarheid op de volgende wijze beproefd. De osmometer werd tot op een hoogte van twaalf à dertien centimeters met gedistilleerd water gevuld, en dan gedurende eenige uren opgehangen; druppelde er dan vloeistof door de membraan, dan werd zij afgekeurd. Bij dierlijke membranen is het onmogelijk reeds vóór dat onderzoek over hare bruikbaarheid te oordeelen, bij perkamentpapieren daarentegen blijkt hare geschiktheid meestal reeds door ze tegen het licht te houden. Men vindt dan dikwijls zeer kleine gaatjes in het papier, waaromheen zwartachtige randen, een gevolg van de bereiding met zwavelzuur. Zijn die gaatjes in een gedeelte niet aanwezig, dan kan men bijna zeker zijn, dat het niet lekken zal. Eenige malen echter is het mij voorgekomen, dat membranen lekten, waarin ik geene zulke openingen gezien had. Daarom werden zij altijd eerst aan de drukking van een zuil vloeistof blootgesteld. De met de membraan voorziene osmometer, geplaatst in een bekerglaasje, werd nu vooraf leëg gewogen. Vervolgens werd het gewicht bepaald nadat hij voor een

deel met gedistilleerd water gevuld was. Het chloornatrium werd vóórdat het in den osmometer gedaan werd, aan de volgende bewerking onderworpen. Gedurende eenige uren werd het in een platinakroes uitgegloeid, totdat het niet meer knetterde, vervolgens werd het zoo fijn mogelijk gestampt, nog eens een uur lang gegloeid, en daarna boven zwavelzuur onder een glazen klok geplaatst totdat het afgekoeld was. Daar de grootte van den zoutstroom bepaald moest worden uit het verschil in gewicht van het oorspronkelijke zout en dat, hetgeen verkregen werd door verdamping der zoutoplossing in den osmometer, meende ik, dat het van belang was, na te gaan in hoeverre het mogelijk was zonder groot zoutverlies het chloornatrium te droogen. Afgewogen hoeveelheden chloornatrium:

Gr. 12.724, 11.653, 12.519.

Het zout werd daarop in water opgelost, en voorzichtig op een zandbad gedroogd. Gewicht van het gedroogde zout:

Gr. 12.721, 11.649, 12.516.

Er is dus 3 en 4 mgr. zout verloren gegaan. Hierbij is echter noodig, dat de oplossing uiterst langzaam verhit wordt, anders zoude door spatten veel meer zout verloren gaan.

Het afgewogen zout werd nu in den osmometer gebracht, en deze goed geschud <sup>1)</sup> opdat al het oplosbare chloornatrium opgelost zou worden, en de osmometer door

---

<sup>1)</sup> Is de membraan wezenlijk bruikbaar, dan kan men den osmometer zelfs vrij heftig schudden, zonder dat zij lekt.

Ook hier is natuurlijk een eerste voorwaarde het goed aansluiten der membraan aan de buis.

de doorboorde kurk afgesloten. De geheele toestel werd vervolgens in een bekersglas geplaatst, dat ongeveer drie cub. decim. gedistilleerd water kon bevatten. Voordat wij den invloed der hydrostatische drukking hadden nagegaan, droegen wij zorg, dat de vloeistof in de buis iets lager stond dan in het bekersglas, daar het specifiek gewicht der zoutoplossing grooter is dan dat van gedistilleerd water.

In het bekersglas was ook een thermometer geplaatst, waarop de temperatuur bij het begin en het einde der proef werd afgelezen. Het zal later blijken, waarom de verandering in temperatuur tijdens de proef voor ons van weinig belang is. Daar waar het geldt uitsluitend den invloed der temperatuur op de verschijnselen van osmose na te gaan, spreekt het van zelf, dat wij nauwkeuriger moeten te werk gaan.

Nadat de osmometer gedurende den vastgestelden tijd aan de osmose was blootgesteld, werd hij uit het bekersglas verwijderd, aan alle kanten goed afgedroogd en ook de membraan en de draad met filtreerpapier zoolang, omwonden, tot het papier niet meer vochtig werd, de membraan verkeert dan weder in denzelfden toestand van vochtigheid, als vóór de proef. Nadat weder het gewicht van den osmometer bepaald was, werd hij in de platina-kroes geledigd en met gedistilleerd water eenige malen omgespoeld, totdat de laatste sporen van keukenzout uit de buis en de membraan verdwenen waren. De zoutoplossing werd vervolgens zeer voorzichtig gedroogd en het gewicht der kroes en het zout bepaald. Iedere keer werd de kroes afzonderlijk gewogen, om op deze wijze mogelijke fouten te elimineeren.

Wij hebben nu voldoende gegevens, om hieruit alles te vinden, wat wij ons voorstelden te bepalen. Zij immers het gewicht van het water in den osmometer vóór de proef  $w$ , en het gewicht van het zout vóór de proef  $z$ ; verkrijgen wij nu voor het gewicht van het zout en het water te zamen na de osmose  $z' + w'$  en na de verdamping van het water voor het gewicht van het zout  $z'$ , dan is hieruit het gewicht:  $(z' + w') - z' = w'$  van het verdampte water gegeven. De grootte van den zoutstroom is dan:  $z - z'$ , en die van den waterstroom <sup>1)</sup>  $w' - w$ . Het quotient dier beide waarden:  $\frac{w' - w}{z - z'}$  is dan het osmotisch equivalent.

Deze methode, die reeds door Jolly <sup>2)</sup> gevolgd was, werd door Schmidt <sup>3)</sup> in zooverre gewijzigd, dat hij het zoutgehalte bepaalde door middel van het specifiek gewicht der oplossing. Dit werd op de gewone wijze gevonden, door een glazen bolletje eerst in de lucht te wegen, en daarna het verlies in gewicht te bepalen in gedistilleerd water en in de oplossing. Vooraf had hij tabellen samengesteld, die hem de betrekking leerden tusschen het spe-

---

<sup>1)</sup> Door den waterstroom verstaat men niet de hoeveelheid water, uit het bekeerglas naar den osmometer overgegaan, dit is immers onmogelijk te bepalen, maar het verschil dier hoeveelheid met het gewicht van het water, dat tegelijk met het zout den osmometer verlaten heeft. Immers de hypothese door Graham gesteld, als zoude het zout niet in oplossing, maar alleen als zout overgaan, is door geen enkel bewijs gewettigd, en mist dus elken redelijken grondslag.

<sup>2)</sup> Jolly, t. a. p.

<sup>3)</sup> Pogg. Ann. XCIX. Blz. 368.

cifiek gewicht en den concentratiegraad <sup>1)</sup>). Deze methode, die ongetwijfeld onnauwkeuriger is dan de gewone, biedt aan de andere zijde dit voordeel aan, dat men ook gedurende den loop van het proces den concentratiegraad gemakkelijk kan nagaan.

Ten slotte wensch ik nog rekenschap te geven van de reden, waarom ik het proces, met uitzondering van de proeven, die ten doel hadden, den invloed der temperatuur op de osmose na te gaan, zoo lang liet duren. Terwijl namelijk de waarnemingsfouten allen dezelfde zijn, men moge kort of lang het verschijnsel doen duren, is de hoeveelheid overgegaan zout en water bij korteren duur geringer. Een enkele fout, die zooals wij reeds zagen, door het wegen, het droogen van het zout, het afvegen der membraan, enz. onvermijdelijk is, zal dus in dat geval veel grooter invloed op het resultaat uitoefenen. Nu staat daar wel tegenover, dat nu het verschil in concentratie vóór en na de osmose veel grooter geworden is, en wij dus als concentratie tijdens de osmose niet meer de beginconcentratie mogen aannemen, maar de invloed van deze omstandigheid wordt grootendeels daardoor geëlimineerd, dat wij bij onze proeven bijna altijd gelijktijdig twee osmometers bezigden, zoodat het ons tamelijk onverschillig is, of de concentratie tijdens de proef veranderd is, daar dit toch bij beide oplossingen het geval is, en elk verschil in uitkomsten bij beide osmometers dus moet toegeschreven worden aan verschil in beginconcentratie.

---

<sup>1)</sup> Ook Fick, (Pogg. Ann. XCIV) bepaalde op gelijke wijze den concentratiegraad der verschillende vloeistoffen bij zijne proeven over diffusie.

Ook Schmidt <sup>1)</sup>, die eveneens meerdere osmometers gelijktijdig bezigde, liet het proces langeren tijd duren, dan de andere waarnemers, zonder echter rekenschap te geven van de redenen, die hem daartoe geleid hebben.

---

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Band. CII.

## TWEEDE HOOFDSTUK.

RESULTATEN MET DIERLIJKE MEMBRANEN VERKREGEN.

---

### § 1.

#### Vergelijkbaarheid der resultaten.

Zullen wij de resultaten van verschillende waarnemingen kunnen combineeren, dan is het in de eerste plaats noodzakelijk, te onderzoeken in hoeverre die waarnemingen onderling vergelijkbaar zijn.

Wij stellen ons daartoe de volgende vier vragen ter beantwoording.

I. Verandert de natuur der membraan bij herhaald gebruik?

II. Kunnen met elkander vergeleken worden waarnemingen, volbracht met membranen van hetzelfde pericardium, die aan volkomen dezelfde bewerking zijn blootgesteld geweest?

III. Welken invloed heeft het gedurende langeren tijd bewaren der membranen?

IV. Welke uitkomsten geven waarnemingen, volbracht met verschillende membranen?

Van het antwoord op deze vragen hangt grootendeels de waarde af der dierlijke membranen voor het onderzoek der osmose. Tot het beantwoorden der eerste vraag dienen de volgende proeven:

Duur der proef: 21 uur.

Temperatuur	{ bij het begin 11.5 <sup>1)</sup> .	
	{ „ „ einde 11.7	
Gewicht van het zout. . . .		9.452
„ „ „ water. . . .		25.784
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .		6.659
„ „ „ water. . . .		34.330
Zoutstroom . . . , . . . . .		2.793
Waterstroom . . . . .		8.546
Aequivalent. . . . .		3.060

De osmometer werd, na geledigd te zijn, herhaaldelijk omgewasschen, en dan gedurende 24 uren in gedistilleerd water geplaatst, dat telkens vernieuwd werd, terwijl zorg werd gedragen, dat in en buiten den osmometer het water even hoog stond. Nadat weder op de gewone wijze de bruikbaarheid der reeds gebruikte membraan onderzocht was, (hetgeen dikwijls treurige resultaten opleverde), werd de proef weder herhaald.

Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{ bij het begin 10.3
	{ „ „ einde 10.8

<sup>1)</sup> De temperatuur wordt steeds in graden Celsius, de gewichten in Grammen uitgedrukt.



Gewicht van het zout. . . .	9.446
” ” ” water. . .	25.776
Na de osmose:	
Gewicht van het zout. . . .	6.443
” ” ” water. . .	33.982
Zoutstroom . . . . .	3.003
Waterstroom . . . . .	8.206
Aequivalent. . . . .	2.733

Met dezelfde membraan werd de proef herhaald.

Duur der proef: 21 uur.

Temperatuur { bij het begin 12.4  
 ” ” einde 12.9

Gewicht van het zout. . . .	9.461
” ” ” water. . .	25.790
Na de osmose:	
Gewicht van het zout. . . .	6.353
” ” ” water. . .	33.809
Zoutstroom . . . . .	3.108
Waterstroom . . . . .	8.019
Aequivalent. . . . .	2.580

Hieruit zou dus blijken, dat bij herhaald gebruik der membraan de zoutstroom grooter, en de waterstroom kleiner wordt, redenen waarom het aequivalent kleiner wordt <sup>1)</sup>.

Het vermoeden lag voor de hand, dat na herhaald ge-

<sup>1)</sup> Dat de reden niet gezocht kan worden in verschillen van temperatuur, blijkt in de eerste plaats hieruit, dat de afwijkingen te groot zijn voor zoo kleine temperatuursverschillen, maar bovendien ook daarnit, dat de temperatuur bij de tweede proef lager, bij de derde echter hooger is, dan bij de eerste.

bruik der membraan, er eindelijk standvastigheid zoude komen, na de derde proef echter begon de membraan te lekken, het onderzoek kon dus met deze niet worden voortgezet. Een tweede membraan lekte reeds na éénmaal gebruikt te zijn. Het is dus onnoodig, deze waarneming hier mede te deelen. Een derde membraan gaf het volgende:

Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{	bij het begin 8.7	
	{	„ „ einde 9.3	
Gewicht van het zout. . . .		8.574	
„ „ „ water. . . .		27.628	
Na de osmose:			
Gewicht van het zout. . . .		6.009	
„ „ „ water. . . .		34.761	
Zoutstroom . . . . .		2.565	
Waterstroom . . . . .		7.133	
Aequivalent. . . . .		2.781	

Tweede waarneming met dezelfde membraan:

Duur der proef 21 uren.

Temperatuur	{	bij het begin 10.4	
	{	„ „ einde 10.6	
Gewicht van het zout. . . .		8.569	
„ „ „ water. . . .		27.634	
Na de osmose:			
Gewicht van het zout. . . .		5.881	
„ „ „ water. . . .		34.526	
Zoutstroom . . . . .		2.688	
Waterstroom . . . . .		6.892	
Aequivalent. . . . .		2.564	

Na deze proef lekte de membraan weder. Het blijkt

echter reeds uit de medegedeelde cijfers duidelijk, dat de natuur der membraan wel degelijk na herhaald gebruik verandert, en dat zij bovendien, na eenige malen gebezigd te zijn, geheel onbruikbaar wordt.

Meer bemoedigend is het antwoord op de tweede vraag te geven, in hoeverre de getallen overeenstemmen, verkregen met op gelijke wijze behandelde deelen van hetzelfde pericardium <sup>1)</sup>.

Twee osmometers A en B van gelijken diameter werden ieder afzonderlijk in een bekerglas geplaatst; de temperatuur van beide was dezelfde.

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 9.2  
                  " „ einde 9.6

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	8.723	8.726
"    "    "    water. . . . .	27.519	27.524
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.032	6.019
"    "    "    water. . . . .	34.251	34.227
Zoutstroom . . . . .	2.691	2.707
Waterstroom . . . . .	7.732	7.703
Aequivalent. . . . .	2.873	2.846

II. <sup>2)</sup> Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 11.5  
                  " „ einde 12.3

<sup>1)</sup> Men zij echter met de keuze van de membranen zeer voorzichtig, en neme vooral een gedeelte, dat in uitwendigen bouw zeer homogeen is. Een groot gedeelte van het pericardium is volstrekt onbruikbaar.

<sup>2)</sup> Zoowel bij II als bij III werden nieuwe membranen genomen.

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	9.354	9.348
„ „ „ water. . . .	26.721	26.704
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.486	6.470
„ „ „ water. . . .	35.107	35.155
Zoutstroom . . . . .	2.868	2.858
Waterstroom . . . . .	8.386	8.451
Aequivalent. . . . .	2.924	2.957

III. Duur der proef: 21 uur.

Temperatuur { bij het begin 10.4  
 „ „ einde 9.8

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	9.182	9.188
„ „ „ water. . . .	27.341	27.356
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.153	6.146
„ „ „ water. . . .	36.140	36.260
Zoutstroom . . . . .	3.029	3.042
Waterstroom . . . . .	8.799	8.904
Aequivalent. . . . .	2.905	2.927

De verschillen in concentratie zijn hier zoo gering, dat daaraan de verschillen in uitkomsten bij beide osmometers niet kunnen worden toegeschreven; voor zooverre zij dus niet een gevolg zijn van waarnemingsfouten, moeten zij aan verschillen in de membranen worden toegeschreven. De afwijkingen zijn echter zeer gering. Bij de bepaling van het aequivalent is er immers tot in de eerste decimaal overeenstemming, terwijl bij de zout- en waterstroomen afzonderlijk, de verschillen niet veel aanzienlijker zijn.

Met inachtneming der noodige voorzichtigheid in het maken van onze gevolgtrekkingen, kunnen wij dus met onze beide osmometers den invloed van verschillende omstandigheden op de snelheid der stroomen en het aequivalent zeer goed nagaan.

In de derde plaats, welken invloed heeft het ouder worden der membranen op de verschijnselen van osmose?

Om dit na te gaan, werden eerst twee osmometers onder dezelfde omstandigheden met membranen van hetzelfde pericardium, die denzelfden ouderdom hadden <sup>1)</sup> gesloten, en met zoutoplossingen van gelijke concentratie gevuld, en na afloop dezer proef dezelfde bewerking herhaald met membranen van hetzelfde pericardium, die twee dagen ouder waren <sup>2)</sup>. Het resultaat was het volgende:

I. *α*. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.5  
                  "      "      einde 9.1

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	8.654	8.648
"      "      "      water. . .	27.394	27.381
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.109	6.115
"      "      "      water. . .	34.652	34.542
Zoutstroom . . . . .	2.545	2.533
Waterstroom . . . . .	7.258	7.161
Aequivalent. . . . .	2.852	2.827

<sup>1)</sup> Het gebruik maken van twee osmometers heeft alleen ten doel, onze resultaten te controleeren.

<sup>2)</sup> Wij noemen A en B de osmometers, met de meest versche, A' en B', die met de oudere membranen gesloten,

I.  $\beta$ . Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur  $\left\{ \begin{array}{l} \text{bij het begin 8.1} \\ \text{,, ,, einde 7.6} \end{array} \right.$

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	8.652	8.656
„ „ „ water. . . .	27.390	27.401
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.045	6.054
„ „ „ water. . . .	34.267	34.305
Zoutstroom . . . . .	2.607	2.602
Waterstroom . . . . .	6.877	6.904
Aequivalent. . . . .	2.638	2.653

II.  $\alpha$ . Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur  $\left\{ \begin{array}{l} \text{bij het begin 11.5} \\ \text{,, ,, einde 10.8} \end{array} \right.$

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	9.351	9.344
„ „ „ water. . . .	26.528	26.519
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.435	6.423
„ „ „ water. . . .	34.937	34.917
Zoutstroom . . . . .	2.916	2.921
Waterstroom . . . . .	8.409	8.398
Aequivalent . . . . .	2.884	2.875

II.  $\beta$ . Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur  $\left\{ \begin{array}{l} \text{bij het begin 10.6} \\ \text{,, ,, einde 11.3} \end{array} \right.$

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	9.360	9.354
„ „ „ water. . .	26.529	26.515
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.214	6.209
„ „ „ water. . .	34.784	34.760
Zoutstroom . . . . .	3.146	3.145
Waterstroom . . . . .	8.255	8.245
Aequivalent. . . . .	2.643	2.622

III.  $\alpha$ . Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 10.4  
 „ „ „ einde 9.6

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	8.739	8.728
„ „ „ water. . .	26.284	26.269
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.152	6.144
„ „ „ water. . .	33.334	33.378
Zoutstroom . . . . .	2.587	2.584
Waterstroom . . . . .	7.050	7.109
Aequivalent . . . . .	2.725	2.751

III.  $\beta$ . Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 9.5  
 „ „ „ einde 10.8

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	8.731	8.735
„ „ „ water. . .	26.295	26.308
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	5.782	5.791
„ „ „ water. . .	33.396	33.412





schillenden ouderdom, al zijn zij van hetzelfde dierlijke vlies afkomstig <sup>1)</sup>.

Ten slotte, eene vergelijking van de uitkomsten met membranen van verschillende individuën verkregen.

Daartoe werden de beide osmometers A en B voorzien van verschillende membranen; de verkregen uitkomsten waren de volgende:

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 10.8  
" " einde 11.4

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	8.532.	8.536
" " " water. . . . .	27.294	27.287
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	5.814	5.623
" " " water. . . . .	35.048	34.907
Zoutstroom . . . . .	2.718	2.913
Waterstroom . . . . .	7.754	7.620
Aequivalent. . . . .	2.853	2.618

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 11.9  
" " einde 12.3

---

<sup>1)</sup> Een correctie aan te brengen voor het ouder worden der membranen, om ze op deze wijze te kunnen herleiden tot membranen van denzelfden ouderdom, is onmogelijk, daar een wet van afhankelijkheid tusschen den ouderdom en het aequivalent of de snelheid der stroomen niet te vinden is, omdat niet alle pericardia evenveel door het ouder worden veranderen.

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	9.213	9.226
„ „ „ water. . . .	26.815	26.824
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.651	6.417
„ „ „ water. . . .	34.306	35.113
Zoutstroom . . . . .	2.562	2.809
Waterstroom . . . . .	7.491	8.289
Aequivalent . . . . .	2.924	2.951

III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.1  
 „ „ „ einde 12.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	8.495	8.479
„ „ „ water. . . .	26.315	26.312
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.203	6.146
„ „ „ water. . . .	32.841	33.120
Zoutstroom . . . . .	2.292	2.433
Waterstroom . . . . .	6.526	6.808
Aequivalent. . . . .	2.847	2.798

IV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.1  
 „ „ „ einde 7.6

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	8.286	8.274
„ „ „ water. . . .	27.352	27.354
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.104	5.846
„ „ „ water. . . .	33.924	34.296

Zoutstroom . . . . .	2.182	2.428
Waterstroom . . . . .	6.572	6.942
Aequivalent. . . . .	3.012	2.859

Het besluit is dus gewettigd, dat zoowel de snelheid van beide stroomen, als de waarde van het osmotisch aequivalent afhankelijk is van de natuur der gebruikte membranen.

De in deze paragraaf medegedeelde resultaten toonen aan, dat de eenige proeven, die ons iets kunnen leeren omtrent de omstandigheden, die op de verschijnselen van osmose invloed kunnen uitoefenen, deze zijn, welke genomen zijn met even oude membranen, van hetzelfde pericardium op dezelfde wijze bereid afkomstig. Waar wij dus den invloed van den concentratiegraad of de temperatuur hebben na te gaan, zullen wij dan ook steeds gebruik maken van beide osmometers gelijktijdig, gesloten door even oude gedeelten derzelfde membraan, en door alle omstandigheden, behalve die wier invloed wij te onderzoeken hebben, dezelfde te laten, zullen wij trachten het bezwaar op te heffen, dat aan die veranderlijkheid der membranen onafscheidelijk verbonden is.

De door ons verkregen resultaten wijken in eenige opzichten af van hetgeen door Schmidt <sup>1)</sup> en door Eckhard <sup>2)</sup> hierover is medegedeeld. Immers de laatste <sup>3)</sup> vond, door twee membranen ieder twee malen te gebruiken, voor het

<sup>1)</sup> Schmidt, t. a. p.

<sup>2)</sup> Eckhard, t. a. p.

<sup>3)</sup> Ik kom gedurig op deze twee verhandelingen terug, omdat deze beide waarnemers meer dan andere gelet hebben op alle bijzonderheden, in deze paragraaf besproken.

aequivalent van keukenzout bij gelijke concentratie de volgende overeenstemmende getallen:

2.82; 2.81; 2.83; 2.83;

ja zelfs, wanneer hij de membraan, na ze eens gebruikt te hebben, eenigen tijd in water gelegd had, mits hij zorg droeg, dat de temperatuur niet te hoog werd, vond hij nog uitkomsten voor het aequivalent, die tot in de eerste decimaal overeenstemden. Men ziet, dat zijne resultaten veel beter sluiten dan de mijne. Ik zoude dan ook geneigd geweest zijn, de door mij gevonden cijfers voor onnauwkeurig of onjuist te houden, ware het niet, hetgeen Eckhard trouwens zelf genoodzaakt is te erkennen, dat hij onder allen die zich met dit onderwerp hebben bezig gehouden, de eenige is, die zulke schoone uitkomsten verkregen heeft; hij gelooft dan ook reden te hebben, met zijne methode van onderzoek tevreden te zijn, maar voegt er bij, dat zij een in alle opzichten nauwkeurig waarnemen vereischt. Op gevaar af, van aldus de verschillen in uitkomsten door mij verkregen, te moeten toegeschreven zien aan de onnauwkeurigheid mijner onderzoekingen, meen ik echter mijne cijfers te moeten handhaven.

Onder diegenen, die om van vroegere waarnemers niet te spreken met mij van Eckhard het verwijt van onjuistheid of ongeoeffendheid zullen moeten hooren, behoort ongetwijfeld Schmidt. Ook hij komt tot de gevolgtrekking, dat bij het ouder worden der membranen, deze veranderen, en het osmotisch aequivalent gewijzigd wordt. Terwijl ik echter gevonden heb, dat het aequivalent bij het ouder worden der tusschenwand kleiner wordt, komt hij juist tot de tegenovergestelde gevolgtrekking. Het komt mij echter voor,

dat de door Schmidt gemaakte conclusies wel eens eenigszins voorbarig mogen genoemd worden, ten minste, ik moet erkennen, dat het mij voor alsnog niet duidelijk geworden is, hoe zijne proeven hem tot het door hem gegeven resultaat konden leiden.

Eveneens komt Schmidt tot de conclusie, dat membranen van verschillende dierlijke vliezen afkomstig, haar eigen equivalent en haar eigen stroomsnelheid hebben. Dit is dan ook de reden, dat hij met vier even oude membranen van denzelfden hartzak geëxperimenteerd heeft, om daaruit de wetten van osmose af te leiden <sup>1)</sup>. Ik wijk echter hierin van hem af, dat het mij nooit is mogen gelukken, een zelfde membraan meer dan twee of drie keeren achter elkander te kunnen gebruiken, terwijl hij een reeks van twintig proeven met elk zijner vier membranen heeft genomen. De door Schmidt en Eckhard genomen proeven duurden echter over het algemeen veel korter dan de mijne, terwijl de door mij gebezigde zoutoplossing ook meestal veel geconcentreerder was, en dus de membraan veel sterker werd aangetast. Wat Schmidt betreft, zou het ook mogelijk kunnen zijn, dat de ontleding der membraan door glauberzout geringer is dan door keukenzout. Schmidt's tabellen laten bovendien geen twijfel over, en hij zelf is de eerste, die het erkent, dat de proeven op het laatst met zijne membraan genomen, veel minder nauwkeurig zijn, dan de eerste.

Is er eenig verschil in uitkomsten te bespeuren, naar

---

<sup>1)</sup> Verliezen wij niet uit het oog, dat Schmidt als zoutoplossing van zwavelzure natron gebruik maakte.

mate de ruwe zijde der membraan, dan wel de gladde oppervlakte naar de zoutoplossing gekeerd was? Vroegere onderzoekers, meenen bij verscheidene membranen eenig verschil te hebben kunnen aantonen, vooral bij die, welke zeer dun waren. Eckhard meent eene kleine afwijking te hebben gevonden bij het pericardium van het kalf, bij dat van het rund echter durft hij geen bepaalde gevolgtrekking maken. Door de volgende proeven heb ik mij hieromtrent trachten in te lichten. Beide osmometers waren weder met tusschenwanden gesloten, afkomstig van hetzelfde pericardium.

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 10.4  
 " " einde 10.9

	A.	B.
	ruw binnen.	ruw buiten.
Gewicht van het zout. . . .	8.429	8.422
„ „ „ water. . . .	25.718	25.723
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.157	6.192
„ „ „ water. . . .	32.384	32.522
Zoutstroom . . . . .	2.272	2.230
Waterstroom . . . . .	6.666	6.699
Aequivalent . . . . .	2.934	3.004

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.5.  
 " " einde 7.9

	A.	B.
	ruw binnen.	ruw buiten.
Gewicht van het zout. . . .	9.426	9.429

Gewicht van het water. . .	26.813	26.824
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.938	6.929
„ „ „ water. . . . .	33.966	33.976
Zoutstroom . . . . .	2.488	2.506
Waterstroom . . . . .	7.153	7.152
Aequivalent. . . . .	2.875	2.861

III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 9.2  
 „ „ einde 8.6

	A. ruw binnen.	B. ruw buiten.
Gewicht van het zout. . . .	7.989	7.978
„ „ „ water. . . . .	27.352	27.344
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	5.724	5.731
„ „ „ water. . . . .	33.298	33.281
Zoutstroom . . . . .	2.265	2.247
Waterstroom . . . . .	5.946	5.937
Aequivalent. . . . .	2.625	2.642

IV. Duur der proef 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 10.2  
 „ „ einde 9.6

	A. ruw binnen.	B. ruw buiten.
Gewicht van het zout. . . .	8.242	8.239
„ „ „ water. . . . .	26.451	26.438
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	5.928	5.919
„ „ „ water. . . . .	32.736	32.704

Zoutstroom . . . . .	2.314	2.320
Waterstroom . . . . .	6.285	6.266
Aequivalent. . . . .	2.716	2.701

V. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur  $\left\{ \begin{array}{l} \text{bij het begin 7.2} \\ \text{,, ,, einde 6.8} \end{array} \right.$

	A.	B.
	raw binnen.	raw buiten.
Gewicht van het zout. . . . .	8.193	8.187
"    "    "  water. . . . .	27.294	27.296
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.005	5.988
"    "    "  water. . . . .	33.291	33.361
Zoutstroom . . . . .	2.188	2.199
Waterstroom . . . . .	5.997	6.065
Aequivalent. . . . .	2.741	2.758

Wij mogen aannemen, dat bovenstaande cijfers bewijzen, dat de verschillen geheel vallen binnen de waarnemingsfouten, daar de afwijkingen niet grooter zijn, dan die welke wij ook vroeger gevonden hebben bij even oude membranen van hetzelfde pericardium <sup>1)</sup>. Ook vallen de verschillen nu eens in deze, dan weder in gene richting, redenen waarom ik meen te mogen stellen, dat deze omstandigheid geen merkbaren invloed op de osmose uitoefent.

Dat de richting der zwaartekracht op het verschijnsel van osmose niet den geringsten invloed uitoefent, is reeds door anderen geconstateerd en is aan geen twijfel bij eenig onderzoeker onderhevig. De eenige die vroeger gemeend

<sup>1)</sup> Waar niets door mij daaromtrent vermeld is, werd altijd de ruwe zijde der tusschenwand naar de buitenzijde gekeerd.



had eene afwijking te hebben waargenomen, bij verandering van den stand van den osmometer <sup>1)</sup> is daarop zelf later gedeeltelijk teruggekomen <sup>2)</sup>.

Eckhard heeft bovendien nog den invloed onderzocht van eenige wijziging in de drukking. Hij vond, dat die invloed verwaarloosd mag worden, zolang de drukking zekere hooge grens niet overschrijdt. Bij zeer hooge drukkingen meende hij dat de zoutstroom verminderde. Uit hetgeen door mij in het eerste Hoofdstuk <sup>3)</sup> is medege-deeld, heb ik gemeend te mogen afleiden, dat de membranen tegen hooge drukkingen niet bestand waren. Werden die drukkingen binnen nauwe grenzen veranderd, dan kon ook ik geen verschil in de resultaten opmerken.

## § 2.

### Invloed der Concentratie.

Grooter strijd dan er heerscht in de resultaten door de verschillende natuurkundigen verkregen omtrent den invloed van de concentratie der zoutoplossingen, is wel niet denkbaar. Deelen wij met een enkel woord de verschillende meeningen daaromtrent mede. Dutrochet <sup>4)</sup>, om weder met dezen te beginnen, leidt uit zijne proeven af, dat de snelheid der beide stroomen evenredig is met het verschil in dichtheid der in en buiten den osmometer geplaatste vloeistoffen. Wij weten echter reeds dat aan Dutrochets onderzoekingen niet veel waarde te hechten

<sup>1)</sup> Fick, Pogg. Ann. t. a. p.

<sup>2)</sup> Fick, die medicinische Physik.

<sup>3)</sup> Blz. 11.

<sup>4)</sup> Dutrochet, t. a. p.

is. Wij deelen dan ook zijne resultaten alleen daarom mede, omdat de bovengenoemde betrekking naar hem de wet van Dutrochet genoemd wordt.

Jolly <sup>1)</sup> kwam tot dezelfde betrekking tusschen de beide stroomen, doch drukte deze wet in een anderen vorm uit, door te zeggen: het osmotisch aequivalent is onafhankelijk van het verschil in dichtheid der beide vloeistoffen. Nauwelijks had Jolly zijne beroemde verhandeling in het licht gegeven, of Ludwig <sup>2)</sup> trad reeds op als bestrijder van de door dezen gevonden resultaten. Wel verre dat het aequivalent b. v. van glauberzout constant bleef = 11 ruim, zooals Jolly had medegedeeld, vond hij verschillen van 4 tot 42. Dat echter Ludwigs proeven al zeer weinig vertrouwen verdienen, is reeds door Wüllner <sup>3)</sup> aangetoond. In volkomen dezelfde omstandigheden immers vond hij nu eens voor het aequivalent van glauberzout 31,9 dan weder 21,0. Op het ouder worden der membranen of het uitdroogen werd door hem weinig gelet, nu eens maakte hij gebruik van versche membranen, bij een andere proef weder van zes jaar oude. Even onzeker zijn ook de door hem medegedeelde getallen met keukenzout verkregen.

Cloetta <sup>4)</sup> vond een resultaat liggende tusschen dat van Jolly en van Ludwig in. Het aequivalent van keukenzout zou volgens hem wel met de concentratie veranderen, doch lang niet in die mate als Ludwig beweerde. Een bepaalde wet van afhankelijkheid vond hij

<sup>1)</sup> Jolly, t. a. p.

<sup>2)</sup> Ludwig, t. a. p.

<sup>3)</sup> Wüllner, Experimentalphysik, Band I pag. 243 (1863).

<sup>4)</sup> Diffusionsversuche durch Membranen mit zwei Salzen, dissert. inaug. aangehaald bij Modderman.

echter niet; daartoe ontbraken hem vooralsnog de gegevens. Fick, die zich voornamelijk met theoretische beschouwingen omtrent het wezen der osmose heeft beziggehouden, beweerde, dat het aequivalent van keukenzout bij het vermeerderen der concentratie zou moeten dalen.

Graham daarentegen besluit, dat bij oplossingen van keukenzout het aequivalent onafhankelijk is van de dichtheid.

Onder de lateren deelt Schmidt mede, dat bij glauberzout het aequivalent bijna constant blijft, uitgezonderd echter bij verzadigde oplossingen.

Ten slotte vond Eckhard, dat de zoutstroom toeneemt evenredig met de concentratie, terwijl de vermeerdering van den waterstroom aanzienlijker is. Bij grootere concentratie neemt dus volgens hem het aequivalent toe.

Een nader onderzoek naar dit punt kan dus niet een overbodig werk genoemd worden; vooraf moet echter nog een enkele zaak besproken worden. Het is namelijk duidelijk, dat men als dichtheid van de oplossing in den osmometer niet mag aannemen het gemiddelde van de concentratie in het begin en het einde der proef. Immers op deze wijze zoude men reeds ingewikkeld de wet van Dutrochet als waar vooropstellen. Daar in vergelijking van het gebruikte zout, de hoeveelheid water buiten den osmometer zeer aanzienlijk is, is de vooronderstelling geoorloofd, dat tijdens het proces de concentratie der buitenste vloeistof altijd nul blijft. Dit zelfde doel zoude men ook kunnen bereiken, door een niet zoo groote hoeveelheid water te bezigen, maar op bepaalde tijden het water buiten den osmometer te vernieuwen.

Bij deze proeven werd in den osmometer A steeds een juist

verzadigde oplossing gedaan, d. i. een oplossing van 37 deelen zout op 100 deelen water, terwijl in den anderen osmometer de concentratie van het zout bij iederè proef verminderde <sup>1)</sup>).

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.7  
                  { „ „ einde 6.6

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.428	10.012
„ „ „ water. . . .	28.164	28.626
Concentratie . . . . .	37.005	34.968
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.315	7.001
„ „ „ water. . . .	37.634	37.620
Concentratie . . . . .	19.437	18.610
Zoutstroom . . . . .	3.113	3.011
Waterstroom . . . . .	9.470	8.994
Aequivalent. . . . .	3.042	2.987

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 7.4  
                  { „ „ einde 6.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.440	9.584
„ „ „ water. . . .	28.192	29.041
Concentratie . . . . .	37.032	33.002
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.023	6.331

<sup>1)</sup> Door de concentratie van de zoutoplossing verstaan wij hier de verhouding van het gewicht van het zout tot het water, niet tot de oplossing. Het gewicht van de in de osmometers genomen zoutoplossingen liet ik bij deze geheele reeks proeven ongeveer hetzelfde.

Gewicht van het water. . .	38.187	38.358
Concentratie . . . . .	18.417	16.505
Zoutstroom . . . . .	3.417	3.253
Waterstroom . . . . .	9.995	9.317
Aequivalent. . . . .	2.925	2.864

III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 6.4  
 " " einde 7.1

	A.	B.
Gewicht van het zout. . .	10.437	9.134
" " " water. . .	28.210	29.474
Concentratie . . . . .	36.998	30.990
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.254	6.328
" " " water. . .	39.051	37.597
Concentratie . . . . .	18.317	16.831
Zoutstroom . . . . .	3.183	2.806
Waterstroom . . . . .	10.841	8.123
Aequivalent. . . . .	3.106	2.895

IV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.2  
 " " einde 7.9

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.432	8.701
" " " water. . .	28.171	30.013
Concentratie . . . . .	37.032	28.991
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.256	5.948
" " " water. . .	37.648	37.441
Concentratie . . . . .	19.273	15.886

Zoutstroom . . . . .	3.176	2.753
Waterstroom . . . . .	9.477	7.428
Aequivalent. . . . .	2.984	2.698

V. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 7.2  
 " " einde 6.8

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.416	8.228
" " " water. . . .	28.309	30.407
Concentratie . . . . .	36.794	27.060
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.408	5.862
" " " water. . . .	37.652	36.856
Concentratie . . . . .	19.674	15.905
Zoutstroom . . . . .	3.008	2.366
Waterstroom . . . . .	9.343	6.449
Aequivalent . . . . .	3.106	2.726

VI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 5.8  
 " " einde 6.3

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.427	7.764
" " " water. . . .	28.185	31.068
Concentratie . . . . .	36.995	24.990
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.513	5.684
" " " water. . . .	37.658	36.919
Concentratie . . . . .	19.951	15.396
Zoutstroom . . . . .	2.914	2.080
Waterstroom . . . . .	9.473	5.851
Aequivalent. . . . .	3.251	2.813

VII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 6.4  
 " " einde 6.8

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.440	7.274
" " " water. . . .	28.432	31.629
Concentratie . . . . .	36.719	22.998
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.251	5.412
" " " water. . . .	38.133	36.429
Concentratie . . . . .	19.015	14.856
Zoutstroom . . . . .	3.189	1.862
Waterstroom . . . . .	9.701	4.800
Aequivalent. . . . .	3.042	2.578

VIII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 7.2  
 " " einde 6.6

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.417	6.734
" " " water. . . .	28.396	32.069
Concentratie . . . . .	36.685	20.998
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.296	5.172
" " " water. . . .	37.213	35.913
Concentratie . . . . .	19.606	14.401
Zoutstroom . . . . .	3.121	1.562
Waterstroom . . . . .	8.817	3.844
Aequivalent. . . . .	2.825	2.461

IX. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 4.7  
 „ „ einde 3.8

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.425	6.175
„ „ „ water. . . . .	28.281	32.521
Concentratie . . . . .	36.862	18.988
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	7.518	4.682
„ „ „ water. . . . .	37.049	36.164
Concentratie . . . . .	20.292	12.947
Zoutstroom . . . . .	2.907	1.493
Waterstroom . . . . .	8.768	3.643
Aequivalent. . . . .	3.016	2.440

X. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 7.9  
 „ „ einde 7.8

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.421	5.639
„ „ „ water. . . . .	28.385	33.206
Concentratie . . . . .	36.713	16.982
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	7.186	4.217
„ „ „ water. . . . .	37.391	36.336
Concentratie . . . . .	19.219	11.606
Zoutstroom . . . . .	3.235	1.422
Waterstroom . . . . .	9.006	3.130
Aequivalent . . . . .	2.784	2.201

XI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 4.2  
 „ „ einde 4.7



	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.444	5.050
"    "    "    water. . .	28.324	33.712
Concentratie . . . . .	36.873	14.980
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.458	3.849
"    "    "    water. . .	37.019	36.457
Concentratie . . . . .	20.146	10.558
Zoutstroom . . . . .	2.986	1.201
Waterstroom . . . . .	8.695	2.745
Aequivalent. . . . .	2.912	2.286

XII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 6.2  
                  "    "    einde 6.4

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.408	4.441
"    "    "    water. . .	28.126	34.170
Concentratie . . . . .	37.005	12.997
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.315	3.538
"    "    "    water. . .	37.356	36.125
Concentratie . . . . .	19.581	9.794
Zoutstroom . . . . .	3.093	0.903
Waterstroom . . . . .	9.230	1.955
Aequivalent. . . . .	2.984	2.165

XIII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 6.6  
                  "    "    einde 6.2

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.416	3.825
„ „ „ water. . . .	28.134	34.768
Concentratie . . . . .	37.023	11.001
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.164	3.040
Gewicht van het water. . . .	37.891	36.328
Concentratie . . . . .	18.907	8.367
Zoutstroom . . . . .	3.252	0.785
Waterstroom . . . . .	9.757	1.560
Aequivalent . . . . .	3.002	1.987

XIV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 3.2  
 „ „ einde 3.9

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.432	3.195
„ „ „ water. . . .	28.305	35.482
Concentratie . . . . .	36.856	9.005
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.613	2.560
„ „ „ water. . . .	36.359	36.524
Concentratie . . . . .	20.938	7.009
Zoutstroom . . . . .	2.819	0.635
Waterstroom . . . . .	8.054	1.042
Aequivalent. . . . .	2.857	1.641

XV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 6.2  
 „ „ einde 7.9

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.427	2.520
„ „ „ water. . . .	28.142	36.013
Concentratie . . . . .	37.051	6.997
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.396	1.918
„ „ „ water. . . .	37.550	36.992
Concentratie . . . . .	19.696	5.185
Zoutstroom . . . . .	3.031	0.602
Waterstroom . . . . .	9.408	0.980
Aequivalent . . . . .	3.104	1.628

XVI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 4.1  
 „ „ „ einde 3.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.416	1.847
„ „ „ water. . . .	28.320	36.974
Concentratie . . . . .	36.780	4.995
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.436	1.335
„ „ „ water. . . .	37.340	37.704
Concentratie . . . . .	19.914	3.541
Zoutstroom . . . . .	2.980	0.512
Waterstroom . . . . .	9.020	0.730
Aequivalent . . . . .	3.027	1.426

XVII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.9  
 „ „ „ einde 9.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.424	1.127
"    "    "    water. . . . .	28.295	37.548
Concentratie . . . . .	36.840	3.092
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	7.315	0.785
"    "    "    water. . . . .	37.081	37.890
Concentratie . . . . .	19.727	2.718
Zoutstroom . . . . .	3.109	0.342
Waterstroom . . . . .	8.786	0.393
Aequivalent. . . . .	2.826	1.148

XVIII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 5.1  
                  "    "    einde 4.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.397	0.381
"    "    "    water. . . . .	28.106	38.326
Concentratie . . . . .	36.992	0.994
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	7.403	0.325
"    "    "    water. . . . .	37.104	38.384
Concentratie . . . . .	19.952	0.847
Zoutstroom . . . . .	2.994	0.056
Waterstroom . . . . .	8.998	0.058
Aequivalent . . . . .	3.002	1.036

Dat naarmate de concentratie vermindert, ook de

nauwkeurigheid der uitkomsten afneemt, is duidelijk. Immers een fout b. v. van twee milligram bij XVIII heeft meer invloed dan een fout van vijf centigram bij I.

Bij al deze proeven hield de oplossing in den osmometer dadelijk op verzadigd te wezen. Zien wij echter wat er geschiedt, wanneer wij meer zout gebruiken, zoodat de oplossing gedurende langeren tijd verzadigd blijft. Daartoe nemen wij ook nu weder als beginconcentratie in osmometer A 37<sup>0</sup>/<sub>0</sub> terwijl die in osmometer B telkens met twee percent toeneemt. Bij deze geheele reeks werd elk half uur, gedurende de eerste zeven uren <sup>1)</sup> het zout in den osmometer B omgeroerd, opdat de vloeistof in den osmometer gemakkelijk tot de membraan toegang zoude hebben, en niet eerst een grootere of kleinere laag onopgelost zout zoude behoeven door te dringen. Toen ik dezen voorzorgsmaatregel bij een der proeven verzuimd had, kreeg ik dadelijk zulke groote afwijkingen, vooral wat de snelheid van den zoutstroom betreft <sup>2)</sup>, dat de proef moest worden afgekeurd. Van de groote afwijkingen zooals ze onder anderen Eckhard gevonden had, wanneer hij zelfs bij niet verzadigde oplossingen het omroeren verzuimde, en die haar oorsprong zouden hebben in den verschillende concentratiegraad der verschillende lagen, heb ik niets bespeurd. Zoodra er geen onopgelost zout op den bodem

---

<sup>1)</sup> Van af proef X dezer reeks, werd het roeren gedurende 40 uren voortgezet, hetgeen bij de laatste proeven streng genomen nog niet lang genoeg is, doch niet anders kon geschieden wegens het te late uur.

<sup>2)</sup> De zoutstroom nam toe, terwijl de waterstroom, hoewel in veel geringer mate afnam. Het equivalent werd dus lager.

des osmometers ligt, geloof ik dus, dat het omroeren gerust kan nagelaten worden.

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 9.7  
" " einde 9.9

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.517	10.876
" " " water. . . . .	28.329	27.869
Concentratie . . . . .	37.125	39.025
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	7.468	7.694
" " " water. . . . .	37.208	38.377
Concentratie . . . . .	20.071	20.485
Zoutstroom . . . . .	3.049	3.182
Waterstroom . . . . .	8 879	9.508
Aequivalent . . . . .	2.912	2.988

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.8  
" " einde 9.4

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.486	11.248
" " " water. . . . .	28.316	27.424
Concentratie . . . . .	37.032	41.015
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	7.481	7.931
" " " water. . . . .	37.385	37.710
Concentratie . . . . .	20.011	21.032
Zoutstroom . . . . .	3.005	3.317
Waterstroom . . . . .	9.069	10.286
Aequivalent . . . . .	3.018	3.101

## III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 10.8  
 " " einde 10.2

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.427	11.584
" " " water. . . .	28.308	27.004
Concentratie . . . . .	36.834	42.897
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.316	8.178
" " " water. . . .	37.532	37.634
Concentratie . . . . .	19.466	21.730
Zoutstroom . . . . .	3.111	3.406
Waterstroom . . . . .	9.224	10.630
Aequivalent . . . . .	2.965	3.121

## IV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.1  
 " " einde 12.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.438	12.023
" " " water. . . .	28.221	26.708
Concentratie . . . . .	36.987	45.017
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.216	8.527
" " " water. . . .	37.803	38.626
Concentratie . . . . .	19.062	22.076
Zoutstroom . . . . .	3.222	3.496
Waterstroom . . . . .	9.582	11.918
Aequivalent . . . . .	2.974	3.409

## V. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 18.1  
 " " einde 19.4

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.512	12.324
" " " water. . . .	28.306	26.248
Concentratie . . . . .	37.136	46.952
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . ,	7.201	8.716
" " " water. . . .	37.865	39.433
Concentratie . . . . .	19.018	22.103
Zoutstroom . . . . .	3.311	3.608
Waterstroom . . . . .	9.559	13.185
Aequivalent . . . . .	2.887	3.654

VI. Duur der proef 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 12.7  
 " " einde 10.9

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.415	12.727
" " " water. . . .	28.292	25.917
Concentratie . . . . .	36.813	49.050
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.284	9.239
" " " water. . . .	37.378	38.825
Concentratie . . . . .	19.434	23.822
Zoutstroom . . . . .	3.131	3.488
Waterstroom . . . . .	9.086	12.878
Aequivalent . . . . .	2.902	3.692

VII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.7  
 " " einde 16.1



	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.288	12.978
„ „ „ water. . . . .	28.197	25.453
Concentratie . . . . .	36.486	50.988
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	7.042	9.379
„ „ „ water. . . . .	37.487	38.629
Concentratie . . . . .	18.785	24.280
Zoutstroom . . . . .	3.246	3.599
Waterstroom . . . . .	9.290	13.176
Aequivalent. . . . .	2.862	3.661

VIII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.1  
 „ „ einde 16.3

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.460	13.387
„ „ „ water. . . . .	28.215	25.241
Concentratie . . . . .	37.072	53.037
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	7.218	9.790
„ „ „ water. . . . .	38.278	39.237
Concentratie . . . . .	18.857	24.951
Zoutstroom . . . . .	3.242	3.597
Waterstroom . . . . .	10.063	13.996
Aequivalent. . . . .	3.104	3.891

IX. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.4  
 „ „ einde 15.1

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	10.314	13.664

Gewicht van het water. . .	28.105	24.836
Concentratie . . . . .	36.698	55.017
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.142	10.132
„ „ „ water. . . . .	37.713	38.332
Concentratie . . . . .	18.938	26.432
Zoutstroom . . . . .	3.172	3.532
Waterstroom . . . . .	9.608	13.496
Aequivalent. . . . .	3.029	3.821

X. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 11.9  
 „ „ „ einde 13.2

	A.	B.
Gewicht van het zout. . .	10.464	14.026
„ „ „ water. . . . .	28.302	24.667
Concentratie . . . . .	36.937	56.618
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.425	10.619
„ „ „ water. . . . .	37.200	37.460
Concentratie . . . . .	19.960	28.346
Zoutstroom . . . . .	3.039	3.407
Waterstroom . . . . .	8.898	12.793
Aequivalent. . . . .	2.928	3.755

XI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 9.1  
 „ „ „ einde 9.5

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.217	14.301
„ „ „ water. . . . .	28.242	24.236
Concentratie . . . . .	36.176	59.007

Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.396	11.090
"    "    "    water. . .	36.364	36.194
Concentratie . . . . .	20.339	30.640
Zoutstroom . . . . .	2.821	3.211
Waterstroom . . . . .	8.122	11.958
Aequivalent. . . . .	2.879	3.724

## XII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.1  
 " " " " einde 12.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.286	14.593
"    "    "    water. . .	28.214	24.012
Concentratie . . . . .	36.457	60.773
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.197	11.189
"    "    "    water. . .	37.639	37.280
Concentratie . . . . .	19.121	30.013
Zoutstroom . . . . .	3.089	3.404
Waterstroom . . . . .	9.425	13.268
Aequivalent. . . . .	3.051	3.898

## XIII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 10.9  
 " " " " einde 12.2

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.375	14.876
"    "    "    water. . .	28.257	23.607
Concentratie . . . . .	36.718	63.015
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.408	11.552

Concentratie . . . . .	37.645	36.923
Gewicht van het water. . .	19.679	31.287
Zoutstroom . . . . .	2.967	3.324
Waterstroom . . . . .	9.388	13.316
Aequivalent. . . . .	3.164	4.006

XIV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.2  
 " " einde 14.8

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.342	15.096
" " " water. . . .	28.216	23.187
Concentratie . . . . .	36.653	65.105
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.265	11.662
" " " water. . . .	36.875	36.195
Concentratie . . . . .	19.702	32.248
Zoutstroom . . . . .	3.077	3.434
Waterstroom . . . . .	8.659	13.008
Aequivalent. . . . .	2.814	3.788

XV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 11.9  
 " " einde 10.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.286	15.421
" " " water. . . .	28.103	23.026
Concentratie . . . . .	36.601	66.972
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.297	12.003
" " " water. . . .	36.753	36.269
Concentratie . . . . .	19.854	33.094

Zoutstroom . . . . .	2.989	3.418
Waterstroom . . . . .	8.650	13.243
Aequivalent. . . . .	2.894	3.875

Het zoude volkomen doelloos geweest zijn, als ik deze reeks van waarnemingen nog verder had voortgezet. Immers reeds bij de laatste tabellen valt het in het oog, dat het verschil gedeeltelijk ligt binnen de grenzen der waarnemingsfouten. Bij voorbeeld bij eene concentratie van bijna 67 percent <sup>1)</sup> als beginconcentratie, is het verschil in osmotisch aequivalent met die van 37 percent = 3.875—2.894 = 0.981, terwijl bij eene beginconcentratie van 65 percent <sup>2)</sup> dat verschil 3.788—2.814 = 0.974 bedraagt. Deze afwijking nu is veel geringer dan het bedrag, binnen hetwelk het osmotisch aequivalent onzeker is. Om echter aan de volledigheid van dit onderzoek niet te kort te doen, volgen hier nog twee tabellen, die het resultaat bevatten van twee proeven, waarbij in den osmometer B de concentratie 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub> en 150<sup>0</sup>/<sub>0</sub> bedroeg, waar wij derhalve à priori zeker konden zijn, dat de oplossing gedurende het geheele proces verzadigd zoude zijn.

XVI. Duur der proef: 10 uren. <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Zie tabel XV.

<sup>2)</sup> Zie tabel XIV.

<sup>3)</sup> Deze proeven duurden slechts 10 uren, daar hier gedurende het geheele proces ieder kwartier de osmometer moest worden omgeroerd, omdat de oplossing al den tijd, dat de osmose duurde met een groote hoeveelheid onopgelost zout in aanraking was.

Temperatuur { bij het begin 12.5  
 „ „ einde 13.1

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.352	19.764
„ „ „ water. . . .	28.426	19.758
Concentratie . . . . .	36.417	100.030
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	8.808	17.811
„ „ „ water. . . .	33.009	27.564
Concentratie . . . . .	26.684	64.254
Zoutstroom . . . . .	1.544	1.953
Waterstroom . . . . .	4.583	7.806
Aequivalent. . . . .	2.968	3.997

XVII. Duur der proef: 10 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.7  
 „ „ einde 15.2

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . .	10.396	23.172
„ „ „ water. . . .	28.257	15.436
Concentratie . . . . .	36.791	150.117
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	8.780	21.166
„ „ „ water. . . .	33.259	23.610
Concentratie . . . . .	26.399	89.648
Zoutstroom . . . . .	1.616	2.006
Waterstroom . . . . .	5.002	8.174
Aequivalent. . . . .	3.095	4.075

Dat de hierboven medegedeelde getallen in volslagen strijd zijn met hetgeen door Jolly beweerd is omtrent het constant blijven der osmotische aequivalenten bij verandering der concentratie, springt dadelijk in het oog. Evenmin kunnen wij ons vereenigen met de resultaten door Ludwig gevonden, als zoude de invloed der concentratie geheel en al de waarde van het osmotisch aequivalent beheerschen. Het meest stem ik overeen met de cijfers door Eckhard medegedeeld. Immers ook de hier medegedeelde tabellen wijzen aan, dat zoowel het aequivalent als de snelheid van zout- en waterstroom met de concentratie toenemen, en dat dus de vermeerdering in snelheid bij den waterstroom veel sterker is dan bij den zoutstroom. Is eenmaal de oplossing verzadigd, dan veranderen noch de snelheid der stroomen, noch het aequivalent in belangrijke mate met de hoeveelheid in den osmometer aanwezig zout, en wanneer in den osmometer zooveel zout voorhanden is, dat de oplossing gedurende het geheele proces verzadigd blijft, dan wordt zoowel de snelheid als het aequivalent constant <sup>1)</sup>. Wil men een overzicht verkrijgen van het verband tusschen de concentratie en het aequivalent en de snelheid, men vergelijkte de hier volgende tabellen, een recapitulatie der beide voorgaande reeksen.

---

<sup>1)</sup> De bewering van Schmidt, dat het aequivalent plotseling 30% hooger wordt, zoodra in den osmometer onopglost zout aanwezig is, moge al voor glauberzout gelden, voor keukenzout zeker niet. De rijzing en daling geschiedt tamelijk regelmatig.

## EERSTE REEKS.

	Verhouding der begincon- centraties.	Verhouding der eindcon- centraties.	Verhouding der aequiva- lenten.	Verhouding der zout- stroomen.	Verhouding der water- stroomen.
I	0.945	0.958	0.991	0.967	0.950
II	0.891	0.896	0.978	0.952	0.932
III	0.838	0.919	0.932	0.882	0.749
IV	0.783	0.824	0.904	0.867	0.784
V	0.735	0.809	0.878	0.787	0.690
VI	0.694	0.776	0.865	0.714	0.618
VII	0.626	0.781	0.848	0.584	0.495
VIII	0.572	0.735	0.871	0.501	0.436
IX	0.515	0.638	0.809	0.514	0.416
X	0.463	0.604	0.791	0.440	0.347
XI	0.406	0.524	0.785	0.401	0.316
XII	0.351	0.500	0.726	0.292	0.212
XIII	0.297	0.442	0.662	0.241	0.160
XIV	0.248	0.335	0.574	0.225	0.129
XV	0.189	0.263	0.525	0.199	0.104
XVI	0.134	0.178	0.471	0.172	0.081
XVII	0.084	0.138	0.406	0.110	0.045
XVIII <sup>1)</sup>	0.025	0.047	0.345	0.019	0.007

## TWEDE REEKS.

	Verhouding der begincon- centraties.	Verhouding der eindcon- centraties.	Verhouding der aequiva- lenten.	Verhouding der zout- stroomen.	Verhouding der water- stroomen.
I	1.051	1.031	1.026	1.044	1.071
II	1.107	1.051	1.027	1.104	1.134

<sup>1)</sup> Wij hebben reeds vroeger de reden medegedeeld, waarom de laatste abellen geen waarde voor ons hebben.



	Verhouding der be- gincon- centraties.	Verhouding der eindcon- centraties.	Verhouding der aequiva- lenten.	Vrrhouding der zout- stroomen.	Verhouding der water- stroomen.
III	1.165	1.116	1.052	1.095	1.152
IV	1.217	1.158	1.146	1.085	1.244
V	1.264	1.162	1.266	1.090	1.379
VI	1.332	1.226	1.272	1.114	1.417
VII	1.397	1.292	1.279	1.109	1.418
VIII	1.431	1.323	1.254	1.110	1.391
IX	1.499	1.396	1.261	1.114	1.405
X	1.533	1.420	1.248	1.121	1.438
XI	1.631	1.506	1.294	1.138	1.472
XII	1.667	1.570	1.278	1.102	1.408
XIII	1.716	1.589	1.266	1.120	1.418
XIV	1.776	1.637	1.346	1.113	1.502
XV	1.830	1.669	1.339	1.110	1.531

De hier medegedeelde cijfers, hoewel ons wijzende op eenige kleine onregelmatigheden, bevestigen het voorgaande. Bij de eerste reeks worden de verhoudingen tusschen de aequivalenten en de snelheid der stroomen hoe langer zoo kleiner, dat wil zeggen bij verminderde concentratie nemen de stroomsnelheden en de aequivalenten af, de waterstroom echter veel meer dan de zoutstroom. De zoutstroom is niet evenredig met de concentratie, en vooral verschilt dit bij de tweede reeks met meer geconcentreerde oplossingen. Niettegenstaande alle aangewende moeite, is het mij niet mogen gelukken een wet of zelfs een empirische formule op te sporen, die het juiste verband zoude kunnen aanwijzen tusschen de ae-

quivalenten of de stroomsnelheden en de concentratie. Wij moeten ons dus vergenoegen met het weinige, dat onze waarnemingen ons daaromtrent hebben geleerd, en overgaan tot de behandeling van den invloed der temperatuur op de osmose.

### § 3.

#### Invloed der Temperatuur.

Omtrent den invloed der temperatuur op de osmose is alleen dit bekend, dat de snelheid der stroomen bij verhooging van temperatuur toeneemt <sup>1)</sup>. In hoeverre die stroomsnelheid bij beide stroomen in dezelfde reden toe- of afneemt, en dus het osmotisch equivalent constant blijft, daaromtrent heerscht nog de grootste onzekerheid. Terwijl Jolly bij zijne proeven met glauberzout meende op te merken, dat het equivalent bij verhooging van temperatuur toenam, vond hij daarentegen bij keukenzout juist het omgekeerde; wat keukenzout betreft, bevestigt Cloetta deze waarnemingen. Schmidt daarentegen, vond bij glauberzout den invloed der temperatuur op het equivalent niet merkbaar, terwijl Eckhard dezen geheel ontkent, zoolang niet door te sterke verhooging van tem-

<sup>1)</sup> Immers de door Schmidt gegeven empirische formule, overeenstemmende met die van Poiseulle omtrent de snelheid van uitstroaming van vloeistoffen uit capillaire buizen, is onmogelijk uit zijne onderzoekingen af te leiden. Ook Eckhard deelt een soortgelijke formule mede, waarbij hij echter nog afwijkingen van 12% vindt, waarlijk veel te groot in vergelijking van de door hem zoo hoog geroemde nauwkeurigheid.

peratuur de aard der membraan verandert. Uit de verschillen in temperatuur waarbij ik mijne proeven omtrent den invloed der concentratie der zoutoplossing genomen heb, valt om de volgende redenen niet veel af te leiden. In de eerste plaats, omdat het niet geoorloofd is, de waarnemingen bij verschillende temperaturen met elkander te vergelijken, daar juist de eenige membranen, waaromtrent een vergelijking mogelijk zoude geweest zijn, aan dezelfde temperatuur waren blootgesteld. In de tweede plaats werd door mij tijdens het proces zelf nooit eenige thermometeraflezing gedaan, daar toch in beide osmometers de temperatuur steeds gelijktijdig veranderde, zoodat wij volstrekt niet weten, hoe b. v. gedurende den nacht de temperatuur zich wijzigde. De grootste verschillen liggen bovendien tusschen ongeveer 0 en 18 à 19 graden <sup>1)</sup>. Ik meen echter wel zooveel uit mijne getallen te mogen afleiden, dat die invloed binnen de door mij gekozen temperatuursgrenzen niet zoo belangrijk kan wezen.

Welken graad van verwarming kan men de membranen doen ondergaan, zonder dat hare natuur gewijzigd wordt? Dit was de vraag, die in de eerste plaats moest beantwoord worden.

De hieromtrent gevonden resultaten waren verre van bemoedigend. Het onderzoek had op de volgende wijze plaats. Twee membranen, van een zelfde pericardium afkomstig, werden, na gezamenlijk alle voorbereidende be-

---

<sup>1)</sup> Dit was het gevolg daarvan, dat geene proeven bij lagere temperatuur mogelijk waren wegens het bevrozen der vloeistoffen, terwijl gedurende het warme seizoen mijne proeven tijdelijk moesten gestaakt worden.

werkingen te hebben ondergaan, gedurende zes uren <sup>1)</sup>, de een in koud, de andere in warmer water gelegd.

Daarna werd de koude membraan om den osmometer A, de warme om B gebonden, en door nu weder alle omstandigheden bij beide osmometers dezelfde te laten, werd de invloed nagegaan, dien het warmere water op de membraan had uitgeoefend. In de hier volgende tabellen zij een overzicht dier proeven gegeven.

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 9.2  
" " einde 8.8

	A.	B.
Temperatuur van het water.	4.2	9.8
Gewicht van het zout. . . .	10.314	10.307
" " " water. . . .	27.921	27.924
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.406	7.388
" " " water. . . .	36.686	36.672
Zoutstroom . . . . .	2.908	2.919
Waterstroom . . . . .	8.765	8.873
Aequivalent . . . . .	3.014	3.040

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.4  
" " einde 8.1

	A.	B.
Temperatuur van het water.	4.0	14.9
Gewicht van het zout. . . .	10.288	10.305

<sup>1)</sup> Ook de proeven omtrent den invloed der temperatuur op de osmose, duurden, zooals wij uit het volgende zullen zien, zes uren.

Gewicht van het water. . .	27.816	27.955
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.176	7.121
"    "    "    water. . .	37.062	37.141
Zoutstroom . . . . .	3.112	3.184
Waterstroom . . . . .	9.246	9.186
Aequivalent. . . . .	2.971	2.885

## III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 7.1  
                  "    "    einde 6.6

	A.	B.
Temperatuur van het water.	4.1	20.4
Gewicht van het zout. . . .	10.186	10.179
"    "    "    water. . .	26.924	26.930
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.059	6.877
"    "    "    water. . .	36.299	36.311
Zoutstroom . . . . .	3.127	3.302
Waterstroom . . . . .	9.375	9.381
Aequivalent. . . . .	2.998	2.841

## IV. Duur der proef 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.4  
                  "    "    einde 8.6

	A.	B.
Temperatuur van het water.	3.7	25.1
Gewicht van het zout. . . .	10.315	10.307
"    "    "    water. . .	28.648	28.625
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.518	7.155
"    "    "    water. . .	37.638	38.329

Zoutstroom . . . . .	2.797	3.152
Waterstroom . . . . .	8.990	9.704
Aequivalent. . . . .	3.214	3.078

V. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 7.4  
 " " einde 6.2

	A.	B.
Temperatuur van het water.	4.4	30.7
Gewicht van het zout. . . .	10.266	10.258
"  "  "  water. . . .	27.912	27.923
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	7.113	6.892
"  "  "  water. . . .	37.188	37.543
Zoutstroom . . . . .	3.153	3.366
Waterstroom . . . . .	9.276	9.620
Aequivalent . . . . .	2.942	2.858

Bovenstaande proeven leeren ons een gewichtig bezwaar kennen, waar het geldt den invloed der temperatuur te onderzoeken. De membranen zelf namelijk worden zooals hier blijkt, door te groote warmte veranderd, en wanneer wij nu bij verschillende temperaturen voor beide osmometers niet overeenstemmende resultaten verkrijgen, dan weten wij niet in hoeverre die verschillen een gevolg zijn van den invloed der temperatuur op het verschijnsel dan wel alleen van het veranderen der membraan. Bij eenigszins aanmerkelijke temperatuursverschillen immers is de afwijking veel grooter dan dat zij

verwaarloosd zoude mogen worden, terwijl zij bovendien zoo onregelmatig is dat b.v. bij de temperatuur van  $20^{\circ}$  de verschillen nog grooter zijn dan bij  $30^{\circ}$ . De fout in rekening te brengen is dus ook niet mogelijk. Waren nu de verschillen in osmose bij verschillende temperaturen zoo aanzienlijk, dat de hier gemaakte fout daartegen verwaarloosd kon worden, dan zoude deze omstandigheid geen onoverkomelijk bezwaar zijn. Doch dit is het geval niet, vooral niet wat het osmotisch equivalent betreft. Waar het ons voornamelijk om te doen is, is na te gaan of dit equivalent met de temperatuur verandert dan wel constant blijft, en daarbij mogen fouten als van 0.2 niet verwaarloosd worden zonder het geheele onderzoek illusoir te maken <sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Eerst te laat kwam ik op het eenvoudige denkbeeld, dat het misschien mogelijk zoude geweest zijn, die fout te elimineeren, door de membraan van osmometer B vóór de proef gedurende 6 uren aan dezelfde temperatuur bloot te stellen, die tijdens de proef de membraan A zouden hebben, en omgekeerd. Ik moet tot mijn leedwezen erkennen, dat dit middel mij ontsnapt is.

---

## DERDE HOOFDSTUK.

RESULTATEN, MET PERKANENTPAPIEREN MEMBRANEN VERKREGEN.

---

### § 1.

#### Vergelijkbaarheid der resultaten.

Voordat wij kunnen overgaan tot het onderzoeken van den invloed der concentratie en der temperatuur op de osmose bij perkamentpapieren membranen, moeten wij ook hier in de eerste plaats trachten ons omtrent de volgende punten zekerheid te verschaffen <sup>1)</sup>.

- I. Veranderen de membranen bij herhaald gebruik?
- II. In hoeverre stemmen de uitkomsten overeen, met verschillende membranen van hetzelfde papier verkregen?
- III. Heeft de dikte van het papier invloed op de verkregen uitkomsten?

---

<sup>1)</sup> Omtrent de voorzorgsmaatregelen, bij het onderzoek in acht te nemen, verwijs ik naar hetgeen daaromtrent in het eerste hoofdstuk is medegedeeld.



De volgende proeven stellen ons in staat, de eerste vraag te beantwoorden.

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{	bij het begin 14.1	
		„ „ einde 15.2	
Gewicht van het zout. . . .			9.728
„ „ „ water. . . .			26.193
Na de osmose:			
Gewicht van het zout. . . .			6.512
„ „ „ water. . . .			36.114
Zoutstroom . . . . .			3.216
Waterstroom . . . . .			9.921
Aequivalent. . . . .			3.085

De osmometer werd vervolgens geledigd, herhaalde malen omgewassen, en de proeven herhaald <sup>1)</sup>).

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{	bij het begin 15.0	
		„ „ einde 14.6	
Gewicht van het zout. . . .			9.714
„ „ „ water. . . .			26.186
Na de osmose:			
Gewicht van het zout. . . .			6.506
„ „ „ water. . . .			36.092
Zoutstroom . . . . .			3.208
Waterstroom . . . . .			9.906
Aequivalent. . . . .			3.088

<sup>1)</sup> De osmometer werd gedroogd onder de klok eener luchtpomp, waarin een schaalje met chloorcalcium geplaatst was.

## III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{	bij het begin 12.7	
	{	„ „ einde 14.1	
Gewicht van het zout. . . .			9.696
„ „ „ water. . .			26.148
Na de osmose:			
Gewicht van het zout. . . .			6.510
„ „ „ water. . .			36.027
Zoutstroom . . . . .			3.186
Waterstroom . . . . .			9.879
Aequivalent. . . . .			3.101

## IV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{	bij het begin 13.8	
	{	„ „ einde 12.6	
Gewicht van het zout. . . .			9.731
„ „ „ water. . .			26.208
Na de osmose:			
Gewicht van het zout. . . .			6.532
„ „ „ water. . .			36.109
Zoutstroom . . . . .			3.199
Waterstroom . . . . .			9.901
Aequivalent. . . . .			3.095

## V. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{	bij het begin 15.1	
	{	„ „ einde 15.4	
Gewicht van het zout. . . .			9.718
„ „ „ water. . .			26.193
Na de osmose:			
Gewicht van het zout. . . .			6.533
„ „ „ water. . .			36.016

Zoutstroom . . . . .	3.185
Waterstroom . . . . .	9.823
Aequivalent. . . . .	3.084

Het blijkt dus, dat perkamentpapieren membranen na herhaald gebruik niet merkbaar veranderen. De gevonden verschillen liggen binnen de grenzen der waarnemingsfouten.

Deelen wij thans mede onze resultaten omtrent het tweede punt, waar wij ter vermenigvuldiging van het aantal waarnemingen de beide osmometers bezigden, en tevens gebruik maakten van het zoeven medegedeelde, door dezelfde membranen te blijven bezigen, tot dat ze lekten <sup>1)</sup>.

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 16.2  
 „ „ „ einde 14.8

	A nieuw <sup>2)</sup> .	B. nieuw.
Gewicht van het zout. . . .	9.623	9.618
„ „ „ water. . . .	25.982	25.967
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.425	6.416
„ „ „ water. . . .	35.854	35.890
Zoutstroom . . . . .	3.198	3.202
Waterstroom . . . . .	9.872	9.923
Aequivalent . . . . .	3.087	3.099

<sup>1)</sup> Het gebruik van twee osmometers heeft bovendien dit voordeel, dat men geheel onafhankelijk is van temperatuursverschillen op verschillende dagen, terwijl wij voor de zoo even genoemde proeven altijd dagen moesten uitkiezen, waarop de temperaturen weinig verschilden, hetgeen hier echter alleen tijdverlies ten gevolge had, doch wegens het standvastig blijven der membranen op de uitkomsten van geen invloed was.

<sup>2)</sup> De beteekenis van het woord nieuw is natuurlijk deze, dat om den osmometer een nieuwe membraan gebonden was.

## II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.4  
 " " einde 14.7

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.654	9.648
" " " water. . .	26.071	26.059
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.448	6.438
" " " water. . .	36.026	36.004
Zoutstroom . . . . .	3.206	3.210
Waterstroom . . . . .	9.955	9.945
Aequivalent. . . . .	3.105	3.098

## III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.2  
 " " einde 14.3

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.636	9.629
" " " water. . .	25.997	25.980
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.444	6.441
" " " water. . .	35.841	35.843
Zoutstroom . . . . .	3.192	3.188
Waterstroom . . . . .	9.844	9.854
Aequivalent. . . . .	3.084	3.091

## IV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.7  
 " " einde 15.2

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.648	9.637
" " " water. . .	26.012	26.014

Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.442	6.440
„ „ „ water. . . .	35.909	35.896
Zoutstroom . . . . .	3.206	3.197
Waterstroom . . . . .	9.897	9.882
Aequivalent. . . . .	3.087	3.091

Na deze vier proeven scheurde door een toeval de membraan van osmometer A. De medegedeelde cijfers geven ons echter reeds volkomen het recht, te besluiten, dat verschillende membranen van hetzelfde papier dezelfde resultaten opleveren.

Dat de dikte der membranen van invloed moet wezen op de snelheid der beide stroomen, ligt voor de hand. In hoeverre die invloed zich ook op het osmotisch aequivalent doet gevoelen, is moeilijk à priori te constateeren. Ik heb gebruik gemaakt van twee soorten van perkamentpapier, waar de dikten zich ongeveer verhieldden als 1:1.8 en vond daarmede de volgende uitkomsten.

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.6  
 „ „ „ einde 14.3

	A. dikste membraan.	B. dunste membraan.
Gewicht van het zout. . . .	9.639	9.627
„ „ „ water. . . .	25.988	25.981
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.430	6.055
„ „ „ water. . . .	35.910	36.583
Zoutstroom . . . . .	3.209	3.572

Waterstroom . . . . .	9.922	10.602
Aequivalent . . . . .	3.092	2.968

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.2  
 " " einde 14.7

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	9.641	9.636
" " " water. . . . .	26.007	25.991
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.430	6.055
" " " water. . . . .	35.916	36.562
Zoutstroom . . . . .	3.211	3.581
Waterstroom . . . . .	9.909	10.571
Aequivalent . . . . .	3.086	2.952

III. Duur der proef 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.8  
 " " einde 14.6

	A.	B.
Gewicht van het zout. . . . .	9.632	9.644
" " " water. . . . .	25.988	26.012
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.436	6.078
" " " water. . . . .	35.908	36.607
Zoutstroom . . . . .	3.196	3.566
Waterstroom . . . . .	9.920	10.595
Aequivalent . . . . .	3.104	2.971

Hoewel men opperylakkig zoude meenen, dat volgens bovengenoemde tabellen de snelheid der beide stroomen bij het dunner worden der membranen toeneemt, en tevens het aequivalent kleiner wordt, zoo meen ik toch,

dat men deze gevolgtrekking niet zoo gereedelijk mag maken. Immers hebben wij geen zekerheid daaromtrent, of niet een deel der verschillen moet toegeschreven worden aan de verschillende membranen, die niet alleen, wat hare dikte betreft, maar ook in de soort van papier, of in de bereiding onderling verschillen kunnen. Wat nu de snelheid der stroomen betreft, geloof ik dat men wegens de grootte der afwijkingen gerechtigd is, de bovengenoemde gevolgtrekking te maken, niet echter wat de vermindering in het equivalent aangaat. De daar gevonden verschillen zijn niet zoo groot, of ze kunnen wel een gevolg zijn van den aard der membranen. Om deze zwarigheid te vermijden, heb ik onderzocht, of het niet mogelijk zoude zijn, den invloed der dikte na te gaan door twee membranen van hetzelfde papier over elkander te binden, doch de op deze wijze volbrachte proeven zijn te weinig vruchtbaar geweest, dan dat het der moeite waardig is, ze hier op te nemen. Dit kan trouwens geen verwondering baren; immers zal het binden van twee membranen over elkander gelijk staan met het gebruiken van één membraan van de dubbele dikte, dan is het een vereischte, dat beide membranen over hare geheele oppervlakte onmiddellijk met elkander in aanraking zijn.

Dit nu is onmogelijk te verwezenlijken. Heeft de zoodanig ingerichte osmometer gedurende eenigen tijd in de vloeistof gestaan, dan is er een vloeistoflaagje tusschen de beide membranen gekomen, dat natuurlijk een storenden invloed moet uitoefenen, voorondersteld zelfs, dat in het begin der proef de aaneensluiting volkomen geweest is. Het behoeft geen betoog, dat het op elkander plakken

van twee membranen door middel van stijfsel, gom of schellak aan de uitkomsten evenzeer alle waarde zoude ontnemen door den storenden invloed, dien het bindmiddel zelf uitoefent. Dit is een van de talrijke bezwaren, die het mij niet is mogen gelukken te overwinnen.

De perkamentpapieren membranen hebben ons veel constanter uitkomsten opgeleverd, dan wij bij de dierlijke hebben mogen verkrijgen. Wij hebben in de eerste plaats kunnen constateeren, dat een zelfde membraan herhaaldelijk gebruikt mag worden, terwijl bovendien de uitkomsten overeenstemden, verkregen met membranen van hetzelfde papier afkomstig. Daar het dikste papier in voldoende hoeveelheid aanwezig was, om daarmede al onze waarnemingen te kunnen volbrengen, en het aantal malen dat de membranen lekten bij het dunnere papier veel aanzienlijker was, hebben wij ons alleen tot de eerste soort bepaald.

## § 2.

### Invloed der concentratie.

Ook hier werden evenals bij het bepalen der concentratie door middel van dierlijke membranen de concentraties telkens ongeveer met twee percent veranderd in den osmometer B, terwijl die in den osmometer A onveranderd bleven. Op deze wijze konden wij den invloed van temperatuursveranderingen gemakkelijker elimineeren. Zoolang de membranen bruikbaar bleven, werden zij niet vernieuwd.



## I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.9  
 " " einde 14.2

	A. nieuw.	B. nieuw.
Gewicht van het zout. . . . .	9.629	9.281
" " " water. . . . .	26.045	26.402
Concentratie . . . . .	36.894	35.153
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.440	6.119
" " " water. . . . .	35.921	36.081
Concentratie . . . . .	17.928	16.959
Zoutstroom . . . . .	3.189	3.162
Waterstroom . . . . .	9.876	9.679
Aequivalent . . . . .	3.097	3.061

## II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.6  
 " " einde 14.3

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . . .	9.637	8.855
" " " water. . . . .	26.051	26.811
Concentratie . . . . .	36.993	33.027
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.443	5.713
" " " water. . . . .	35.914	36.281
Concentratie . . . . .	17.940	15.749
Zoutstroom . . . . .	3.194	3.142
Waterstroom . . . . .	9.863	9.470
Aequivalent . . . . .	3.088	3.014

## III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.2  
 " " einde 14.9

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . . .	9.645	8.451
" " " water. . . . .	26.062	27.237
Concentratie . . . . .	37.008	31.028
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.440	5.354
" " " water. . . . .	35.969	36.292
Concentratie . . . . .	17.904	14.780
Zoutstroom . . . . .	3.205	3.097
Waterstroom . . . . .	9.907	9.055
Aequivalent . . . . .	3.091	2.924

IV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 16.1  
 " " einde 16.4

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . . .	9.652	8.037
" " " water. . . . .	26.083	27.658
Concentratie . . . . .	37.005	29.059
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.431	5.049
" " " water. . . . .	35.994	37.384
Concentratie . . . . .	17.867	13.506
Zoutstroom . . . . .	3.221	2.988
Waterstroom . . . . .	9.911	8.325
Aequivalent . . . . .	3.077	2.786

V. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.7  
 " " einde 15.2

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.636	7.590
” ” ” water. . .	26.071	28.106
Concentratie . . . . .	36.961	27.005
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.422	4.749
” ” ” water. . .	35.977	35.334
Concentratie . . . . .	17.850	13.440
Zoutstroom . . . . .	3.214	2.841
Waterstroom . . . . .	9.906	7.228
Aequivalent. . . . .	3.082	2.544

VI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.8  
 ” ” einde 12.9

	A. nieuw.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.644	7.151
” ” ” water. . .	26.058	28.614
Concentratie . . . . .	37.010	24.991
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.447	4.552
” ” ” water. . .	36.039	34.581
Concentratie . . . . .	17.889	13.163
Zoutstroom . . . . .	3.197	2.599
Waterstroom . . . . .	9.981	5.967
Aequivalent. . . . .	3.122	2.296

VII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.1  
 ” ” einde 14.4

	A. oud.	B. nieuw.
Gewicht van het zout. . . .	9.655	6.681

Gewicht van het water. . .	26.077	29.003
Concentratie . . . . .	37.025	23.036
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . .	6.439	4.444
"    "    "    water. . .	35.989	33.602
Concentratie . . . . .	17.892	13.225
Zoutstroom . . . . .	3.216	2.237
Waterstroom . . . . .	9.912	4.599
Aequivalent. . . . .	3.082	2.056

VIII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.1  
                  "    "    einde 15.2

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . .	9.649	6.203
"    "    "    water. . .	26.086	29.491
Concentratie . . . . .	36.989	21.034
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . .	6.430	4.198
"    "    "    water. . .	36.039	33.102
Concentratie . . . . .	17.564	12.682
Zoutstroom . . . . .	3.219	2.005
Waterstroom . . . . .	9.953	3.611
Aequivalent . . . . .	3.092	1.801

IX. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 17.1  
                  "    "    einde 14.4

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . .	9.660	5.707
"    "    "    water. . .	26.084	30.002
Concentratie . . . . .	37.034	19.022

Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.464	3.758
„ „ „ water. . .	35.947	33.093
Concentratie . . . . .	17.982	11.356
Zoutstroom . . . . .	3.196	1.849
Waterstroom . . . . .	9.863	3.091
Aequivalent. . . . .	3.086	1.672

X. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.0  
 „ „ einde 14.9

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.644	5.193
„ „ „ water. . .	26.055	30.499
Concentratie . . . . .	37.014	17.027

Na de osmose:

Gewicht van het zout. . . .	6.437	3.457
„ „ „ water. . .	35.977	33.273
Concentratie . . . . .	17.892	10.390
Zoutstroom . . . . .	3.207	1.736
Waterstroom . . . . .	9.922	2.774
Aequivalent. . . . .	3.094	1.598

XI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 16.0  
 „ „ einde 15.5

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.647	4.661
„ „ „ water. . .	26.086	31.027
Concentratie . . . . .	36.982	15.022

Na de osmose:

Gewicht van het zout. . . .	6.446	3.011
-----------------------------	-------	-------

Gewicht van het water. . .	35.971	33.553
Concentratie . . . . .	17.920	8.974
Zoutstroom . . . . .	3.201	1.650
Waterstroom . . . . .	9.885	2.526
Aequivalent. . . . .	3.088	-1.531

XII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 15.4  
 " " einde 13.8

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . .	9.652	4.107
" " " water. . .	26.081	31.582
Concentratie . . . . .	37.008	13.004
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . .	6.438	2.583
" " " water. . .	36.041	33.838
Concentratie . . . . .	17.863	7.633
Zoutstroom . . . . .	3.214	1.524
Waterstroom . . . . .	9.960	2.256
Aequivalent. . . . .	3.099	1.480

XIII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.8  
 " " einde 15.9

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . .	9.650	3.541
" " " water. . .	26.077	32.140
Concentratie . . . . .	37.006	11.017
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . .	6.440	2.135
" " " water. . .	36.011	34.167
Concentratie . . . . .	17.883	6.249

Zoutstroom . . . . .	3.210	1.406
Waterstroom . . . . .	9.934	2.027
Aequivalent . . . . .	3.101	1.442
XIV. Duur der proef: 21 uren.		
Temperatuur	} bij het begin 12.7	
	} " " einde 13.1	
	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.636	2.948
" " " water. . . . .	26.060	32.720
Concentratie . . . . .	36.976	9.010
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.450	1.738
" " " water. . . . .	35.968	34.294
Concentratie . . . . .	17.937	5.068
Zoutstroom . . . . .	3.186	1.210
Waterstroom . . . . .	9.908	1.574
Aequivalent. . . . .	3.110	1.301
XV. Duur der proef: 21 uren.		
Temperatuur	} bij het begin 14.0	
	} " " einde 15.1	
	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.644	2.336
" " " water. . . . .	26.073	33.352
Concentratie . . . . .	36.988	7.004
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.440	1.234
" " " water. . . . .	35.957	34.673
Concentratie . . . . .	17.910	3.559
Zoutstroom . . . . .	3.204	1.102
Waterstroom . . . . .	9.884	1.321
Aequivalent . . . . .	3.085	1.199

XVI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 16.1  
 „ „ „ einde 16.3

	A. nieuw.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . . .	9.646	1.708
„ „ „ water. . . . .	26.065	33.964
Concentratie . . . . .	37.008	5.029
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.433	0.844
„ „ „ water. . . . .	35.993	34.932
Concentratie . . . . .	17.873	2.416
Zoutstroom . . . . .	3.213	0.864
Waterstroom . . . . .	9.928	0.968
Aequivalent . . . . .	3.090	1.120

Deze reeks nog verder voort te zetten, zoude, wegens de mindere waarde, die aan de laatste tabellen moet worden toegekend, overtollig wezen <sup>1)</sup>.

De hier volgende reeks doet den invloed van het toenemen der concentratie boven 37<sup>0</sup>/<sub>10</sub> kennen.

I. Duur der proef 21 uren <sup>2)</sup>.

Temperatuur { bij het begin 14.6  
 „ „ „ einde 12.7

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . . .	9.639	10.025
„ „ „ water. . . . .	26.060	25.628
Concentratie . . . . .	36.988	39.117

<sup>1)</sup> Zie hetgeen daaromtrent is medegedeeld, in § 2, Hoofdstuk II.

<sup>2)</sup> Ook hier geldt omtrent het omroeren der oplossing hetzelfde, wat wij bij dierlijke membranen hebben opgemerkt.



Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.453	6.791
„ „ „ water. . . .	35.959	35.799
Concentratie . . . . .	17.945	18.973
Zoutstroom . . . . .	3.186	3.234
Waterstroom . . . . .	9.899	10.171
Aequivalent . . . . .	3.107	3.145

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 16.0  
 „ „ einde 16.6

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.651	10.384
„ „ „ water. . . .	26.073	25.258
Concentratie . . . . .	37.015	41.112

Na de osmose:

Gewicht van het zout. . . .	6.438	7.091
„ „ „ water. . . .	35.943	35.555
Concentratie . . . . .	17.912	19.944
Zoutstroom . . . . .	3.213	3.293
Waterstroom . . . . .	9.870	10.297
Aequivalent . . . . .	3.072	3.127

III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 11.8  
 „ „ einde 10.7

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.644	10.735
„ „ „ water. . . .	26.071	25.011
Concentratie . . . . .	36.991	42.921

Na de osmose:

Gewicht van het zout. . . .	6.469	7.487
-----------------------------	-------	-------

Gewicht van het water. . .	35.958	35.388
Concentratie . . . . .	17.994	21.129
Zoutstroom . . . . .	3.175	3.248
Waterstroom . . . . .	9.887	10.377
Aequivalent . . . . .	3.114	3.195

IV. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.1  
 " " einde 12.4

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.636	11.079
" " " water. . . . .	26.068	24.610
Concentratie . . . . .	36.965	45.018
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.445	7.789
" " " water. . . . .	35.976	36.283
Concentratie . . . . .	17.915	21.470
Zoutstroom . . . . .	3.191	3.290
Waterstroom . . . . .	9.908	10.673
Aequivalent . . . . .	3.105	3.244

V. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 10.5  
 " " einde 12.1

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.644	11.414
" " " water. . . . .	26.072	24.301
Concentratie . . . . .	36.990	46.979
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.462	8.027
" " " water. . . . .	35.965	35.549
Concentratie . . . . .	17.967	22.580

Zoutstroom . . . . .	3.182	3.387
Waterstroom . . . . .	9.893	11.248
Aequivalent. . . . .	3.109	3.321

VI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.4  
 " " einde 14.1

	A. nieuw.	B. nieuw.
Gewicht van het zout. . . .	9.647	11.744
" " " water. . . . .	26.077	24.001
Concentratie . . . . .	36.994	48.931
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.440	8.229
" " " water. . . . .	36.054	36.008
Concentratie . . . . .	17.862	22.853
Zoutstroom . . . . .	3.207	3.515
Waterstroom . . . . .	9.977	12.007
Aequivalent . . . . .	3.111	3.416

VII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 12.9  
 " " einde 13.7

	A. nieuw.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.651	12.053
" " " water. . . . .	26.070	23.701
Concentratie . . . . .	37.020	50.854
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.451	8.442
" " " water. . . . .	36.048	36.412
Concentratie . . . . .	17.901	23.185
Zoutstroom . . . . .	3.200	3.611
Waterstroom . . . . .	9.978	12.711
Aequivalent. . . . .	3.118	3.520

## VIII. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{ bij het begin 16.0	
	{ „ „ einde 15.7	
	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . . .	9.638	12.371
„ „ „ water. . . . .	26.050	23.360
Concentratie . . . . .	36.998	52.958
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.423	8.693
„ „ „ water. . . . .	35.971	36.494
Concentratie . . . . .	17.856	23.820
Zoutstroom . . . . .	3.215	3.678
Waterstroom . . . . .	9.921	13.134
Aequivalent . . . . .	3.086	3.571

## IX. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{ bij het begin 14.8	
	{ „ „ einde 13.9	
	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . . .	9.642	12.668
„ „ „ water. . . . .	26.061	23.020
Concentratie . . . . .	36.998	55.030
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	6.434	8.972
„ „ „ water. . . . .	35.983	36.292
Concentratie . . . . .	17.881	24.722
Zoutstroom . . . . .	3.208	3.696
Waterstroom . . . . .	9.922	13.272
Aequivalent . . . . .	3.093	3.591

## X. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 13.7  
 „ „ einde 14.6

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.651	12.955
„ „ „ water. . . .	26.078	22.718
Concentratie . . . . .	37.012	57.021
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.439	9.229
„ „ „ water. . . .	36.058	36.195
Concentratie . . . . .	17.857	25.497
Zoutstroom . . . . .	3.212	3.726
Waterstroom . . . . .	9.980	13.477
Aequivalent . . . . .	3.107	3.617

XI. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 14.1  
 „ „ einde 11.4

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . .	9.656	13.250
„ „ „ water. . . .	26.080	22.461
Concentratie . . . . .	37.025	58.991
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.437	9.512
„ „ „ water. . . .	36.072	36.011
Concentratie . . . . .	17.845	26.414
Zoutstroom . . . . .	3.219	3.738
Waterstroom . . . . .	9.992	13.550
Aequivalent . . . . .	3.104	3.625

Evenals bij dierlijke membranen vinden wij ook hier weder, dat met de concentratie zoowel de snelheid der stroomen, als het aequivalent toeneemt, waaruit dus volgt,

dat de waterstroom meer toeneemt, dan de zoutstroom. De laatste tabellen bewijzen bovendien, dat bij het toemen der concentraties het aequivalent en de snelheden tot een zeker maximum naderen, en dat er dus groote waarschijnlijkheid is, dat wanneer wij een oplossing gebruiken, die gedurende al den tijd, dat zij aan de werking der osmose is blootgesteld verzadigd blijft, het aequivalent en de snelheid der stroomen met toenemende concentratie constant blijven. Ook hier werden dezelfde voorzorgen gebruikt als bij dezelfde proeven met dierlijke membranen.

I. Duur der proef: 10 uren.

Temperatuur  $\left\{ \begin{array}{l} \text{bij het begin 12.7} \\ \text{„ „ einde 11.1} \end{array} \right.$

	A. nieuw.	B. nieuw.
Gewicht van het zout. . . . .	9.649	18.861
„ „ „ water. . . . .	26.075	18.837
Concentratie . . . . .	37.005	100.180
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	8.118	17.013
„ „ „ water. . . . .	30.849	25.617
Concentratie . . . . .	26.315	66.413
Zoutstroom . . . . .	1.531	1.848
Waterstroom . . . . .	4.774	6.780
Aequivalent. . . . .	3.118	3.669

II. Duur der proef: 10 uren.

Temperatuur  $\left\{ \begin{array}{l} \text{bij het begin 15.8} \\ \text{„ „ einde 14.9} \end{array} \right.$

	A. oud.	B. oud.
Gewicht van het zout. . . . .	9.651	21.436

Gewicht van het water. . .	26.069	14.288
Concentratie . . . . .	37.021	150.028
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	8.045	19.502
"    "    "    water. . .	31.003	21.395
Concentratie . . . . .	25.949	91.152
Zoutstroom . . . . .	1.606	1.934
Waterstroom . . . . .	4.934	7.107
Aequivalent. . . . .	3.072	3.675 <sup>1)</sup> .

## OVERZICHT DER BEIDE VORIGE REEKSEN.

## A.

	Verhouding der begincon- centraties.	Verhouding der eindcon- centraties.	Verhouding der zout- stroomen.	Verhouding der water- stroomen.	Verhouding der aquiva- lenten.
I	0.953	0.946	0.992	0.980	0.988
II	0.893	0.878	0.990	0.960	0.976
III	0.838	0.826	0.966	0.914	0.946
IV	0.785	0.756	0.928	0.840	0.905
V	0.731	0.753	0.884	0.730	0.825
VI	0.675	0.736	0.813	0.598	0.735
VII	0.622	0.739	0.696	0.464	0.667
VIII	0.569	0.722	0.623	0.363	0.582
IX	0.514	0.631	0.579	0.314	0.542
X	0.460	0.581	0.541	0.290	0.517
XI	0.406	0.501	0.515	0.256	0.496
XII	0.351	0.427	0.474	0.227	0.478

<sup>1)</sup> Neemt men in aanmerking, dat wegens den korteren duur der werkingen het gestadig omroeren de fouten grooter zijn dan bij de overige proefnemingen, dan gelooven wij reden te hebben gerust tot het constant worden der stroomen en van het aequivalent te mogen besluiten.

	Verhouding der begincon- centraties.	Verhouding der eindecon- centraties.	Verhouding der zout- stroomen.	Verhouding der water- stroomen.	Verhouding der aequiva- lenten.
XIII	0.297	0.349	0.438	0.204	0.465
XIV	0.244	0.282	0.380	0.159	0.418
XV	0.189	0.199	0.344	0.134	0.389
XVI	0.136	0.135	0.269	0.098	0.362

## B.

	Verhouding der be- gincon- centraties.	Verhouding der eindecon- centraties.	Verhouding der zout- stroomen.	Verhouding der water- stroomen.	Verhouding der aequiva- lenten.
I	1.058	1.058	1.015	1.027	1.012
II	1.111	1.113	1.025	1.033	1.018
III	1.160	1.174	1.023	1.049	1.026
IV	1.218	1.198	1.031	1.077	1.045
V	1.270	1.257	1.065	1.137	1.068
VI	1.323	1.279	1.096	1.203	1.098
VII	1.374	1.295	1.128	1.274	1.129
VIII	1.431	1.334	1.144	1.324	1.157
IX	1.487	1.383	1.152	1.338	1.161
X	1.541	1.428	1.160	1.350	1.164
XI	1.593	1.480	1.161	1.356	1.168

Hoewel de resultaten van het onderzoek naar den invloed der concentratie in zooverre onbevredigend zijn, als het mij niet is mogen gelukken, de juiste wet van afhankelijkheid tusschen de concentratie en het equivalent en snelheid op te sporen, zoo bevestigen zij toch hetgeen reeds uit de waarnemingen, in § 1 van dit Hoofdstuk medegedeeld, volgde, dat bij het onderzoek naar de verschijnselen der osmose aan de perkamentpapieren mem-



branen zeer zeker de voorkeur toekomt, boven de dierlijke membranen. De overeenstemmende uitkomsten verkregen bij de geheele reeks proeven dezer § waarbij wij de concentratie in den osmometer A steeds dezelfde lieten, en wij dus een juisten maatstaf hadden voor de nauwkeurigheid onzer uitkomsten, vergeleken met die in het vorige Hoofdstuk medegedeeld, maken de keuze geen oogenblik twijfelachtig.

### § 3.

#### Invloed der Temperatuur.

Zooals men zich herinneren zal, moest de bepaling van den invloed der temperatuur achterwege blijven bij de waarnemingen, met dierlijke membranen volbracht. Geldt nu hetzelfde bezwaar dat ons toen in den weg stond, ook voor de perkamentpapierenen membranen <sup>1)</sup>?

Om deze vraag te beantwoorden werd de membraan, die om osmometer A gebonden werd, gedurende 6 uren in water van een lage temperatuur, en die van osmometer B in warmer water gelegd. Daarna werden zij bij gelijke concentratie en gelijke temperatuur aan de werking der osmose blootgesteld, waarbij wij de volgende uitkomsten verkregen.

I. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur	{	bij het begin	8.4
		„ „	einde 7.7

<sup>1)</sup> Men vergelijkte hierboven, Hoofdstuk II § 3.

	A. nieuw.	B. nieuw.
Temperatuur van het water.	6.7	10.8
Gewicht van het zout. . . .	9.651	9.648
"    "    "    water. . .	26.028	26.026
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.485	6.479
"    "    "    water. . .	35.928	35.910
Zoutstroom . . . . .	3.166	3.169
Waterstroom . . . . .	9.900	9.884
Aequivalent. . . . .	3.127	3.119

II. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 9.7  
                  "    "    "    einde 11.4

	A. oud.	B. oud.
Temperatuur van het water.	7.2	21.3
Gewicht van het zout. . . .	9.639	9.642
"    "    "    water. . .	26.051	26.061
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.459	6.466
"    "    "    water. . .	35.966	35.935
Zoutstroom . . . . .	3.180	3.176
Waterstroom . . . . .	9.915	9.874
Aequivalent. . . . .	3.118	3.109

III. Duur der proef: 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 8.2  
                  "    "    "    einde 9.6

	A. oud.	B. oud.
Temperatuur van het water.	5.2	30.4
Gewicht van het zout. . . .	9.644	9.651
"    "    "    water. . .	26.060	26.049

Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.493	6.496
"    "    "    water. . . .	35.948	35.975
Zoutstroom . . . . .	3.151	3.155
Waterstroom . . . . .	9.888	9.926
Aequivalent . . . . .	3.138	3.146

IV. Duur der proef 21 uren.

Temperatuur { bij het begin 10.4  
 " " einde 9.9

	A. oud.	B. oud.
Temperatuur van het water.	6.1	36.4
Gewicht van het zout. . . .	9.642	9.636
"    "    "    water. . . .	26.121	26.130
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	6.468	6.470
"    "    "    water. . . .	36.027	36.036
Zoutstroom . . . . .	3.174	3.166
Waterstroom . . . . .	9.906	9.906
Aequivalent. . . . .	3.121	3.129

Het blijkt dus, dat de membranen door de verhoogde temperatuur waaraan zij vóór de proef waren blootgesteld, geen wijziging hebben ondergaan binnen de grenzen, van 5—36°, althans dat deze geen invloed op de uitkomsten heeft uitgeoefend, en dat wij dus bij veranderingen in de snelheden en het aequivalent deze alleen kunnen toeschrijven aan de verhooging der temperatuur zelf, en niet aan een secundaire werking, zooals veranderingen der membranen. Ook hier leveren ons dus de perkament-papieren membranen een aanmerkelijk voordeel op boven de dierlijke.

Gaan wij dan nu den invloed der temperatuur na. Hier moest zorg gedragen worden, dat deze tijdens de proef, (die slechts 6 uren duurde) zoo veel mogelijk dezelfde bleef, hetgeen geschiedde, door den eenen osmometer in een koud, den anderen in een verwarmd vertrek te plaatsen en gedurende den ganschen duur der osmose door toevoeging van water in de bekerglazen de temperatuur te regelen.

## I. Duur der proef: 6 uren.

	A. nieuw.	B. nieuw.
Temperatuur . . . . .	5.0	10.1
Gewicht van het zout. . . .	9.651	9.648
„ „ „ water. . . . .	26.047	26.052
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	8.730	8.713
„ „ „ water. . . . .	28.933	28.968
Zoutstroom . . . . .	0.921	0.935
Waterstroom . . . . .	2.886	2.916
Aequivalent . . . . .	3.134	3.119

## II. Duur der proef: 6 uren.

	A. oud.	B. oud.
Temperatuur . . . . .	5.2	15.3
Gewicht van het zout. . . .	9.639	9.642
„ „ „ water. . . . .	26.042	26.050
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	8.709	8.694
„ „ „ water. . . . .	28.959	28.980
Zoutstroom . . . . .	0.930	0.948
Waterstroom . . . . .	2.917	2.930
Aequivalent . . . . .	3.137	3.091

## III. Duur der proef 6 uren.

	A. oud.	B. oud.
Temperatuur . . . . .	5.1	20.4
Gewicht van het zout. . . . .	9.652	9.655
"    "    "    water. . . . .	26.061	26.071
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	8.718	8.684
"    "    "    water. . . . .	28.996	29.004
Zoutstroom . . . . .	0.934	0.971
Waterstroom . . . . .	2.935	2.933
Aequivalent . . . . .	3.142	3.021

## IV. Duur der proef: 6 uren.

	A. oud.	B. oud.
Temperatuur . . . . .	5.5	25.6
Gewicht van het zout. . . . .	9.648	9.650
"    "    "    water. . . . .	26.072	26.075
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	8.707	8.614
"    "    "    water. . . . .	29.028	29.109
Zoutstroom . . . . .	0.941	1.036
Waterstroom . . . . .	2.956	3.034
Aequivalent. . . . .	3.141	2.929

## V. Duur der proef: 6 uren.

	A. oud.	B. oud.
Temperatuur . . . . .	5.4	30.2
Gewicht van het zout. . . . .	9.654	9.646
"    "    "    water. . . . .	26.061	26.051
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . . .	8.728	8.531
"    "    "    water. . . . .	28.958	29.174

Zoutstroom . . . . .	0.926	1.115
Waterstroom . . . . .	2.897	3.123
Aequivalent . . . . .	3.129	2.801

## VI. Duur der proef: 6 uren.

	A.	B.
Temperatuur . . . . .	5.5	35.4
Gewicht van het zout. . . .	9.641	9.652
„ „ „ water. . . . .	26.057	26.068
Na de osmose:		
Gewicht van het zout. . . .	8.697	8.449
„ „ „ water. . . . .	29.017	29.302
Zoutstroom . . . . .	0.944	1.203
Waterstroom . . . . .	2.960	3.234
Aequivalent . . . . .	3.136	2.688

Voor zooverre het mogelijk is, resultaten af te leiden uit deze proeven, die slechts zes uren duurden, meenen wij te mogen besluiten, dat de zout- en waterstroomen beiden bij verhooging van temperatuur toenemen, terwijl het aequivalent vermindert, zoodat de zoutstroom sterker toeneemt dan de waterstroom.

Zooals men zich herinneren zal, was voor dierlijke membranen door Jolly bij keukenzout hetzelfde gevonden, doch kwamen latere onderzoekers tot de gevolgtrekking, dat de temperatuur geen invloed had op het aequivalent.

## STELLINGEN.

---

### I.

De feiten, op het gebied der osmose tot nu toe bekend laten niet toe, daarop een theorie te gronden.

### II.

De perkamentpapieren membranen verdienen, bij het onderzoek naar de verschijnselen der osmose boven de dierlijke de voorkeur.

### III.

Door de groote veranderingen, waaraan het osmotisch equivalent onderhevig is, heeft het invoeren dier groothed voorloopig zijn beteekenis verloren.

## IV.

De definitie: „kracht is de oorzaak, die beweging teweeg brengt of wijzigt” is onlogisch.

## V.

Het bewijs door Wüllner (Lehrbuch der Experimentalphysik Eerste druk Deel I bldz. 682) gegeven van de stelling, dat de deviatie het kleinst is als de hoek waaronder een lichtstraal op een prisma valt, gelijk is aan die waaronder hij het verlaat, is onjuist.

## VI.

De zoogenaamde wet van Dulong en Petit omtrent de betrekking tusschen soortelijke warmte en atoomgewicht is niet meer dan een regel.

## VII.

Bij het onderwijs in de natuurkunde worde het magnetisme gelijktijdig met de galvanische electriciteit behandeld.

## VIII.

Een wissel overgeseind door middel van den pantelegraaf van Caselli, heeft kracht van wissel.



## IX.

Een ongeoeffend waarnemer heeft gewoonlijk de fout, van te groote naauwkeurigheid te willen bereiken.

## X.

De leer der evenredigheden verdwijne uit de rekenkunde.

## XI.

Volkomen juist zijn de woorden van Poinsot: „Le principe d'Alembert ne revêt la forme d'un principe, que par un certain tour d'expression qu'on lui donne.

## XII.

De resultaten der spectraalanalyse maken het gloeiend vloeibaar zijn van de kern der aarde waarschijnlijk.

## XIII.

De embryologische ontwikkeling van het individu is een niet volledig gedenkboek van de genealogische ontwikkeling der soort.

## XIV.

Wil men de verdeeling der organische wereld in planten en dieren behouden, dan moet men een derde afdeeling als overgangsvorm aannemen.

## XV.

Door het op den voorgrond stellen van de quantitatieve eigenschappen, worden de kwalitatieve verschillen der elementen in de nieuwere scheikunde te veel uit het oog verloren.

## XVI.

De studie der exacte wetenschappen en der nieuwe talen kan als vormend element het gemis eener klassieke opleiding niet vergoeden.

---

E R R A T A.

---

Bladz. 2, regel 2, *staat*: moliculaire *lees*: moléculaire

„ 2, „ 21, „ „ „ „

„ 3, „ 13, „ „ „ „

