

V. A. S.

1002 III, 9

Br. 1882, III, 9

**OVER DEN INVLOED VAN ZUURSTOFGAS ONDER
HOOGERE DRUKKING OP LAGERE ORGANISMEN
EN LEVENDE GRONDVORMEN,**

DOOR

VAN OVERBEEK DE MEIJER.

In 1873 maakte Paul Bert de belangrijke ontdekking, dat dieren in samengeperste zuurstof spoedig bezwijken. In 1875 kwam hij tot de overtuiging, dat microscopische wezens, bepaaldelijk ook zij die rotting en gisting teweegbrengen, door het verblijf in samengeperste zuurstof gedood worden, mits zij vochtig zijn. Onder den invloed dier hooge spanning zouden „les combustions corrélatives au mouvement vital” getemperd of zelfs uitgedoofd worden; „une oxygénation trop forte des tissus” — zegt hij — „en empêche l’oxydation.” Op onbewerkte fermenten, zooals die van speeksel, pancreassap, plantaardige diastase, pepsine, myrosine, emulsine, zou daarentegen samengeperste zuurstof zonder invloed blijven.

In zijn omvangrijk werk 1) trachtte hij die uitkomsten te verklaren. Hij stelt zich voor, dat bij 5 of 6 atmosferen dampkringsdrukking de haemoglobine met zuurstof geheel verzadigd zou zijn en dat bij hoogere drukking de zuurstof

1) La pression barométrique. 1878, p. 1157.

verder in het bloed zou worden opgelost, verdeeld tusschen de bloedcellen en het bloedplasma. Bij die oplossing zouden dan de oxydatie-processen geheel ophouden. Het bloedplasma en de weefsels zouden ten koste van opgeloste, scheikundig vrije, zuurstof niet kunnen leven en juist door de aanwezigheid van dit scheikundig vrije gas het vermogen verliezen om, evenals vroeger, zuurstof te ontleenen aan de oxy-haemoglobine; zij zouden dan sterven als 't ware door *stikking*. In één woord: de ontleedkundige grondvormen zouden anaërobiën zijn, in den zin, door Pasteur daaraan gehecht. — Paul Bert denkt ook aan de mogelijkheid, dat in de ontleedkundige grondvormen eene of andere giftige stof zou ontstaan, die niet altijd weder kan worden uitgescheiden en die alsdan nog den dood veroorzaakt ook wanneer de oorzaak van haar ontstaan reeds heeft opgehouden te werken.

De voorstelling, dat gebonden zuurstof noodzakelijk zou zijn om het leven te onderhouden, is, zooals later blijken zal, niet aannemelijk. Er moesten dus andere oorzaken in het spel zijn. En om daaromtrent tot eenig inzicht te komen scheen het noodig, den invloed der samengeperste lucht op contractiele grondvormen en organen alsmede op mikroskopische wezens nader te onderzoeken en, zoo mogelijk, tijdens de inwerking onder het mikroskoop gade te slaan.

Door deze overwegingen geleid, ontwierp Prof. Donders een daartoe bestemd toestel, dat door den amanuensis Kagenaar, tevens mechanicus van het physiologisch laboratorium, werd vervaardigd. Onder medewerking van den med. candidatus Batenburg deed hij daarmede, van Maart tot Mei 1877, ook reeds eenige waarnemingen op harten, tril-epithelium en spermatozoiden van kikvorschen, op Cyclops, Anguillula en vele infusoria en andere kleine

organismen, in het grachtwater aanwezig, (*Epistylis*, *Carchesium polypinum*, *Stylonychia*, *Aspidisca*, *Glaucoma*, *Paramecium*, voorts *Opalina ranarum*, *Amoeba*), eindelijk op de kaasmijt, enz., die in het diarium van het physiologisch laboratorium geboekt zijn. Daarbij bleek: 1°. dat al deze vormen gevoeliger waren voor zuurstof dan voor dampkringslucht, bij gelijke spanning, 2°. dat bij velen (*epithelium*, hart, *Anguillula*, kaasmijt) de beweging zich herstellen kan, bij vermindering van drukking; 3°. dat *Paramecium* en vooral *Anguillula* meer dan 2 uren aan 6 en 8 atm. zuurstof weerstand boden, terwijl *Stylonychia*, *Glaucoma*, *Aspidisca* en ook *Cyclops* daarin reeds na 20'' à 30'' allen dood waren.

De waarnemingen werden toen voortgezet door de Heeren Dr. Carl Grossmann en Dr. Mayerhausen, die zich meer bijzonder bezig hielden met het nagaan der werking van gassen onder hooge spanning op *bacteriën* 1).

Zij namen waar, dat bacteriën meer dan 6, doch minder dan 20, uren hunne levenswerkdadigheid behouden in zuurstof onder 5 tot 7 atmosferen spanning: bij eene blootstelling aan deze hooge spanning gedurende 6 achtereenvolgende uren vertraagden de bacteriën hunne bewegingen hoegenaamd niet; na eene blootstelling gedurende 20 uren kwamen ze echter tot rust en keerden de bewegingen ook na het opheffen der spanning en het toetreden van dampkringslucht tot de gaskamer niet terug. Wegens enkele onvolkomenheden van den toestel bleef het onzeker, of de hooge spanning, dan wel andere oorzaken, de bacteriën hadden gedood.

In alle gebezigde gassen, voor zooverre deze niet oogen-

1) „Onderzoekingen gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool” (Derde Reeks, IV, afl. 2, 1877, p. 245).

blikkelijk doodden, had overigens de verkleining der organismen (door deeling) op dezelfde wijze plaats als in dampkringslucht, ofschoon er verschillen in tijd bestonden; het snelst nl. geschiedde de deeling in zuurstof, langzamer in waterstofgas, het langzaamst in koolzuurgas. Voorts was een zekere samenhang tusschen de snelheid dezer deeling en de snelheid van beweging der organismen in de onderscheidene gassen onmiskenbaar: hoe sterker over 't algemeen de beweeglijkheid, des te sneller de verkleining van den vorm der organismen.

Er werd ook verschil waargenomen, naarmate de bacteriën uit versche dan wel uit oude aftreksels van hooi, enz., genomen waren: op blootstelling aan de werking van zuiver zuurstofgas onder hooge spanning volgde, wel is waar, *altijd* versnelling der bewegingen van de bacteriën, maar dit verreweg meer bij nieuwe dan bij oudere vormen.

Ozon werkte hevig en snel verlamdend.

Op voorstel van Prof. Donders vatte ik in den aanvang van 1879 deze onderzoekingen weer op. Wat mij bijzonder toelachte, was, den invloed na te gaan van dampkringslucht, zuurstof en andere gassen op smetstoffen, bijv. op koepokstof, miltvuurgif, enz. Doch als inleiding achtte ik het wenschelijk mij met contractiele vormen bezig te houden, waarbij ik mij in het gebruik van het werktuig kon oefenen en daaraan zoodanige wijzigingen aanbrenge, als zouden blijken noodig te zijn. Van deze waarnemingen bevatten de volgende bladen een overzicht. De beschrijving van den toestel, moge voorafgaan.

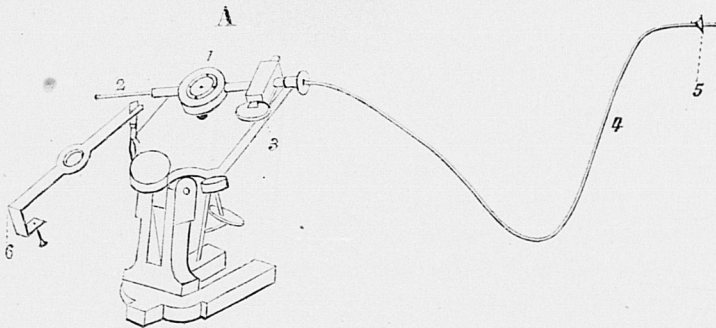
Aanvankelijk werd aan een stevigen gashouder, die gemakkelijk met een of ander gas kon worden gevuld, alleen

eene waterperspomp verbonden, door welke dat gas krachtig kon worden samengedrukt. Het bleek echter weldra, dat op die wijze, althans zoo men aan den toestel geene bijzonder groote afmetingen wilde geven, onder hooge drukking de voorraad gas te gering was en het alzoo de voorkeur verdiende, door middel van eene luchtperspomp het gas in den gashouder tot eene spanning van 4 à 5 atmosferen te brengen, alvorens de waterperspomp te werk werd gezet. Het werktuig werd daardoor wel wat minder eenvoudig, maar won aanzienlijk in bruikbaarheid.

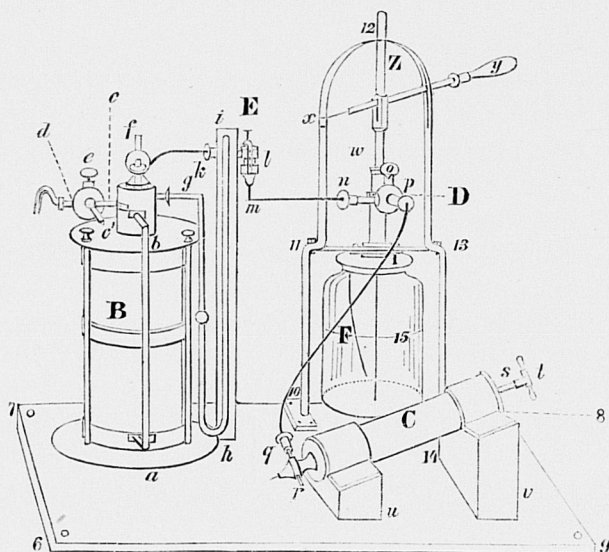
De toestel bestaat in zijn tegenwoordigen vorm in de eerste plaats uit eene *gaskamer*, die op de voorwerptafel van een mikroskoop kan gelegd worden en wier deksel en bodem doorzichtig zijn, en voorts uit een *gashouder*, die gemakkelijk geladen en stevig met de gaskamer verbonden kan worden.

Ter bereiking van dat doel moesten aan den toestel — die hier duidelijkheidshalve met weglating van het bovendeel van den mikroskoop afgebeeld is — zes onderdeelen gegeven worden, met name:

A. eene gaskamer van geel koper met manometer en kraan.
Fig. 1.



B. een gashouder van geel koper, die van binnen vertind is. Fig. II.



C. eene zuig- en perspomp van geel koper,
 D. een koperen koppelstuk met T vormig doorboorde kraan,
 E. een koperen kleppenstuk, en
 F. eene hydraulische pomp met glazen waterflesch.

De vier laatstgenoemde onderdeelen dienen om den gas-
 houder B te laden.

Het geheel is stevig bevestigd op eene plank (fig. II: 6, 7,
 8 en 9), die op eene mede zeer stevige en aan den vloer
 bevestigde tafel wordt vastgeschroefd.

A, de *gaskamer*. Deze is een stevige holle cilinder van 0,015 M.
 hoogte en 0,035 M. middellijn (buitenwerks). Haar bodem
 heeft eene opening van 8 m.M. middellijn, die met eene dikke
 glasplaat gesloten is. In den zijwand van den cilinder is eene
 opening van 2 m.M., die met eene nauwkeurig ingeslepen
 koperen stift (in de figuur niet zichtbaar) kan gesloten

worden. Boven is de cilinder gesloten door een stevig koperen deksel, aan den rand met schroefdraad voorzien. In het midden van het deksel is eene opening van 2 tot 3 m.M. middellijn, die gesloten is door een van onderen met schellak daartegen bevestigd dekglasje van 0,15 tot 0,18 m.M. dikte. Opdat sterke objectieven konden gebruikt worden, moest de rand der opening zeer dun zijn, maar hij bood dan geen weerstand aan eene drukking van 10 tot 12 atmosferen, hij werd koepelvormig uitgebogen en tengevolge daarvan barstte het dekglasje. De rand der opening moest dus dikker worden gemaakt. In het bezwaar werd nu voorzien door het gebruiken van een spits uitlopend immersie-stelsel **L**, hetwelk opzettelijk voor dit doel door Carl Zeiss werd vervaardigd.

Het deksel der gaskamer is overigens van boven nog voorzien van vier kruisvormig geboorde cilindrische verdiepingen, waarin twee cilindrische stiften of pennen van een stalen sleutel zeer nauwkeurig passen. Met behulp van dien, met den duim sterk neergedrukten, sleutel kan het deksel op eene onderen schroefgang geplaatste lederen schijf met groote kracht (luchtdicht) worden vastgeschroefd, wanneer de gaskamer zelve op de werktafel tusschen stalen cilindertjes stevig vastligt.

Aan de linkerzijde heeft de gaskamer gemeenschap met een manometer (2), een buisje met kwikzilverdruppeltje, dat in eene koperen huls tegen beschadiging beveiligd en 10 c.M. lang is. De huls is met eene zg. bajonetsluiting aan de gaskamer bevestigd.

Aan de rechterzijde heeft de gaskamer gemeenschap met eene koperen buis, welke door eene kraan (3) kan gesloten worden, en aan deze buis is eene zg. compositiepijp (4) verbonden, die in alle richtingen buigbaar is en eindigt in een geelkoperen pijpje (5), dat van eene koperen kraag is voorzien 1).

1) Verlangt men tevens den invloed der temperatuur te onderzoeken, dan zou de gaskamer met dubbelen wand kunnen gemaakt worden, waardoor men water van verschillende temperatuur kan laten vloeien.

De gashouder B is een cilinder met een koepelvormig bovenstuk; een peilglas, $a b$, wijst aan, hoe ver hij met vocht gevuld is. — Aan de linkerzijde van het koepelvormige bovenstuk is met schroeven bevestigd een koperen kraanstuk $c d$, dat rechthoekig op het midden van de kraanbus een koperen pijpje c' draagt. De kraan e is T-vormig doorboord, zoodat naar goedvinden de inhoud van den gashouder kan uitgedreven worden door het pijpje c' of wel door het pijpje d . Dit pijpje d is bestemd tot het opnemen van het koperen pijpje 5 van het onderdeel A (de gaskamer) en draagt tot dat einde een koperen vangarm, die voor- en achterover gelegd kan worden en in de eerstgenoemde stelling met zijne beide armen de achterzijde der kraag van het stiftvormige pijpje 5 vasthaakt, wanneer dit in de opening van het busje d gedrukt is.

Uit deze beschrijving zal het wel reeds duidelijk zijn, hoe de *gaskamer* A moet gebruikt worden. Nadat de gashouder B op de aanstonds te vermelden wijze met het verlangde gas is gevuld, legt men op den bodem dier kamer een paar druppels water om het uitdroogen van het voorwerp te voorkomen; vervolgens wordt het voorwerp in een kleinen druppel water gelegd op de ondervlakte van het glaasje of kristalplaatje, waarmede de opening der gaskamer gesloten is; daarna wordt het koperen deksel aangeschroefd. De kraan 3 van de gaskamer is dan nog gesloten. Het pijpje 5, met een weinig vaseline bestreken, wordt nu zorgvuldig in de opening d van den gashouder B gedrukt en met den vangarm vastgehaakt 1).

De gaskamer wordt nu op de voorwerptafel van den mikroskoop gelegd en het verdient aanbeveling haar op deze tafel

1) Ook zonder dat vasthaken moet echter de verbinding luchtdicht zijn; de vangarm dient alleen om het krachtig wegslingeren van de gaskamer te voorkomen, wanneer door onvoorzichtig of onbedacht wringen en buigen van de compositie pijp 4 de verbinding van het pijpje 5 en de buis $d c$ losgemaakt mocht worden.

met eene koperen klem (6) te bevestigen, want de verbinding met den gashouder heeft dan minder te lijden en men werkt gemakkelijker.

Zoodra op deze wijze alles voor de waarneming gereed is gemaakt, brengt men het in de gaskamer beslotene voorwerp in den focus van het gekozene lenzenstelsel en kan men kraan 3 van de gaskamer openen. Wil men echter daarbij de lucht, die in de gaskamer aanwezig is, door het in den gashouder B gebrachte gas laten uitdrijven, dan moet natuurlijk vooraf de spanning in dien gashouder tot $1\frac{1}{4}$ of $1\frac{1}{2}$ atmosfeer opgevoerd worden; daarna draait men dan het bij 1 in de gaskamer gedrukte koperen stopje even los en trekt men het min of meer naar buiten, hoewel steeds gereed blijvende om het dadelijk weder in te drukken, en eindelijk opent men meer of minder langzaam kraan 3. Hierbij moet uit den aard der zaak uiterst voorzichtig worden te werk gegaan, aangezien bij eene te groote spanning van het toestroomende gas of bij een te plotseling openen van de beide gaten in de gaskamer, die door de koperen stift en door kraan 3 gesloten worden, de op den bodem der gaskamer gelegde waterdruppels gedeeltelijk zouden worden weggeblazen en het voorwerp dan gevaar zou loopen spoedig uit te droogen. Verlangt men daarna eene hoogere spanning in de gaskamer te verkrijgen, dan kan men naar verkiesing die spanning of plotseling of allengs laten werken; in het eerstbedoelde geval nl. moet dan kraan 3 weder gesloten worden en dicht blijven, totdat in den gashouder B de gewenschte spanning verkregen is. — De spanning van het in de gaskamer dringende gas wordt afgelezen aan den manometer (2), die met de kamer in gemeenschap staat. Worden hooge spanningen gebruikt, dan moet echter zeer voorzichtig bij het opheffen van die spanningen worden te werk gegaan; want als het *te snel* geschiedt, wordt de kwikkolom uit dezen manometer in de gaskamer geslingerd.

Temperatuurverandering is nauwelijks te wachten, aangezien het gas reeds in den gashouder onder de drukking

gebracht is, die het in de gaskamer aanneemt, en deze bovendien, van koper zijnde, de warmte goed geleidt.

Thans blijft nog over te beschrijven, hoe de gashouder B geladen wordt.

Tot dat laden (met een ander gas als dampkringslucht) plaatst men in de nabijheid van de tot den toestel behoorende koperen zuig- en perspomp C een gewone glazen gashouder, die met het verlangde gas gevuld is en aan het koperen pijpje *r* van de pomp verbonden wordt. Door het uittrekken van de zuigerstang *s* wordt nu de pomp met het gas gevuld en door het omdraaien van het handvat (*l*) van links naar rechts wordt de gemeenschap tusschen het pijpje *r* en de pomp afgesloten; drukt men daarna de zuigerstang weder naar binnen, dan stroomt het in de pomp aanwezige gas door de opening *q* naar het koppelstuk D, waarvan de pijp *p* met die pomp verbonden is.

Bij dit naar binnen drukken van de zuigerstang *s* moet natuurlijk de kraan *o* van het koppelstuk D geopend zijn. Deze kraan is T vormig doorboord en wordt zóó gesteld, dat het langs *p* toestroomende gas zijn weg kunne vinden door de buis *n m*, die met het kleppenstuk E verbonden is.

Dat kleppenstuk heeft bij *l* in zijne binnenruimte twee met de grootste zorgvuldigheid gemaakte koperen kleppen, die beide in dezelfde richting werken en, bij het ophouden der drukking langs de buis *n m*, door het doorgedrevene gas weder volkomen gesloten worden.

Uit het kleppenstuk E stroomt het doorgedrevene gas nu verder door de pijp *k*, die aan het koepeldak van den gashouder B stevig bevestigd is, dat koepeldak luchtdicht doorboort en nagenoeg tot op den bodem van den koperen gashouder B reikt.

Deze gashouder B is vooraf met gedestilleerd water gevuld langs eene opening in zijn koepeldak, waarin eene koperen pijp luchtdicht bevestigd is; het boveneinde *f* van die tweede pijp is van eene kraan voorzien en haar benedeneinde reikt mede tot nabij den bodem van den gashouder B, is zelfs enkele millimeters langer dan de koperen pijp *k*.

Terwijl langs *k* gas in den gashouder B gedreven wordt,

moet het in den gashouder aanwezige gedestilleerde water kunnen wegvloeien. Dit geschiedt het best door eene op pijp *f* bevestigde caoutchouc-buis en moet voortduren totdat het naar buiten dringen van *gas* verraadt, dat nagenoeg al het in den gashouder B gegoten gedestilleerde water weder uitgedreven is. Men is dan zeker, in den gashouder geen ander gas of mengsel te hebben dan het verlangde, en kan nu verder, na het sluiten der kraan van pijp *f*, door middel van de pomp C zooveel gas indrijven, dat eene spanning van 3 à 4 atmosferen verkregen wordt; een krachtig gespierd persoon kan het op deze wijze zelfs tot 5 atmosferen brengen. — Deze spanning wordt afgelezen op een manometer *g h i*, wiens neerdalende arm noodzakelijk eene bolvormige verwijdering moet hebben, opdat het indringen van kwik in den gashouder, bij het *plotseling* opheffen der spanning, voorkomen worde. De schaal *h i* van dezen manometer is op de plank 6, 7, 8, 9, bevestigd.

Daar het wenschelijk was eene nog hoogere spanning dan die van 4 à 5 atmosferen te kunnen verkrijgen, is eindelijk aan den toestel nog toegevoegd eene hydraulische pomp F.

Deze bestaat uit een koperen cilinder *w*, wiens zuigerstang *z* in zijn boveinde luchtdicht bevestigd is door eene zg. leërbus of lederverpakking, welke door het omdraaien van eene zeskantige koperen moer, bij *w*, meer of minder aangedrukt kan worden. De bodem van den cilinder is voorzien van eene naar binnen openslaande koperen klep en wordt onder die klep doorboord door eene koperen buis, waaraan eene caoutchouc-slang bevestigd is, die tot op den bodem van eene aan den cilinder vastgemaakte glazen flesch (15) reikt.

De verbinding tusschen den cilinder en de glazen flesch bestaat in een aan den hals der flesch bevestigden koperen ring, die vastgeschroefd wordt aan een aan den cilinder gesoldeerd koperen deksel. Dit deksel heeft — behalve het gat, waardoor de zuigpijp van den cilinder gaat — nog twee (in de teekening niet zichtbare) kleine openingen, die van opstaande

koperen pijpjes voorzien zijn. Een dezer pijpjes dient om de flesch met *gedestilleerd* water te vullen en later, bij het pompen, dampkringslucht toe te laten. Het andere pijpje *kan* door middel van eene caoutchouc-slang in verbinding gebracht worden met pijp *f* van den gashouder B, opdat het in dien gashouder geperste water weder overgedrukt kunne worden in de glazen flesch (15) en daarna andermaal in den gashouder B kunne worden geperst; dit herhaalde gebruik van het water is echter alleen raadzaam, wanneer *volkomen zuiver* water is gebruikt, daar anders zoo lichtelijk een deeltje vuil bij het overpompen van dat water in het kleppenstuk E aan eene der beide kleppen kan blijven kleven en dan de goede werking van die kleppen kan belemmeren.

De cilinder staat voorts door eene korte koperen buis (in de teekening niet zichtbaar) in verbinding met het koperen koppelstuk D en wordt door eene ijzeren stang 11, 13 stevig vastgehouden in een ijzeren raam 10, 11, 12, 13, 14, dat op de mahoniehouten plank 6, 7, 8, 9 vastgeschroefd is. Aan zijn top, bij 12, heeft dat raam eene ronde opening, voor de koperen zuigerstang *z*: in zijn linker bovenarm is, bij *x*, de hefboom *x ij* bevestigd; zijn rechter bovenarm heeft in het midden der breedte eene langwerpige vierkante sleuf, waardoor de platte en op zijn kant staande ijzeren hefboomarm van *x ij* op en neder kan bewogen worden. De ijzeren hefboomarm zelf is met een paar keggen opgesloten in een daartoe ingericht deel van de zuigerstang *z*.

Bij het te werk zetten van deze hydraulische pomp wordt de **T** vormig doorboorde kraan *o* van het koppelstuk D eerst zóó gesteld, dat de buis *n m* afgesloten is en daarentegen de buis *p* met den cilinder *w* gemeenschap heeft. Met de zuigerstang *s* maakt men nu eene omdraaiende beweging naar rechts, zoodat de pomp met de buis *p q* in verbinding is, en daarna zuigt men het gas, dat in het koppelstuk D en zijn verbindingsbuisje met den cilinder *w* nog achtergebleven is, op, opdat aldaar later geene met (zamendrukbaar) gas gevulde ruimte overblijve. Het in de pomp C aldus opge-

zogene gas kan, na eene om draaiing der zuigerstang in tegen-gestelde richting, uitgedreven worden door de buis r . — Sometijds is het noodig, dezelfde handeling een- of tweemaal te herhalen. Het zekerst bereikte ik het doel, wanneer ik, na eenmalige opzuiging en uitdrijving van het gas uit het koppelstuk D en den cilinder w , door middel van de pomp C andermaal aan den cilinder w zoog (waarbij dan, als de lucht inderdaad reeds bij den eersten zuigerslag verwijderd is, water uit de glazen flesch 15 in den cilinder dringt), de kraan o daarna in de richting van de buis $n m$ opende, en nu door het neerdrukken van den zuiger het uit den cilinder w opgezogene vocht, door het kleppenstuk E heen, in den gashouder B perste.

Zoodra de lucht op deze wijze uit het koppelstuk D en de cilinder w verwijderd is, wordt de kraan o van het koppelstuk D zóó gesteld, dat de cilinder w met de buis $n m$ gemeenschap heeft en daarentegen de buis $p q$ afgesloten is, en door het op en neder bewegen van de zuigerstang z , door middel van den hefboom $x y$, wordt nu het water uit de glazen flesch 15 overgepompt in den gashouder B. De spanning kan op die wijze gemakkelijk tot 12 atmosferen en hooger worden opgevoerd.

Na deze beschrijving behoef ik nog slechts te vermelden, hoe men *tijdens de waarneming* de spanning in de gaskamer A en in den gashouder B kan wijzigen.

Wil men *in de gaskamer* de spanning doen *dalen*, dan wordt de T vormig doorboorde kraan e van den gashouder B zóó gesteld, dat de buisjes d en e' met elkander *even* (d. w. z. door eene zeer nauwe opening) gemeenschap hebben, en aan den manometer (2) van de gaskamer A wordt de uitwerking van deze gemeenschap afgelezen. Op dezelfde wijze kan men dus ook de verhoogde spanning in de gaskamer A *geheel* opheffen, of wel, door het draaien van de kraan e in eene andere richting, min of meer plotseling weder doen terugkeeren.

Wil men, na het afsluiten van den gashouder B, door de

gaskamer A *dampkringslucht* laten stroomen, dan brengt men de buisjes *d c'* met elkander in verbinding, terwijl de buis *c* afgesloten is; daarna verwijdt men de koperen stift, bij 1, uit de gaskamer en brengt men het buisje *c'* in verbinding met een of anderen aspirator.

Wil men *in den gashouder B* de spanning doen *toenemen*, dan behoeft men slechts meer water in te drijven door middel van de hydraulische pomp F terwijl de toegang tot de gaskamer bij *e* tijdelijk gesloten is. Wil men haar daarentegen doen *dalen*, dan laat men door het openen der kraan van de buis *f* zooveel water uit den gashouder B wegvloeien, als tot het verkrijgen der gewenschte lagere spanning noodig is.

Tot het smeren van zuigers, kleppen, lederen schijven, gebruike men bij voorkeur vaseline, om de nadeelige werking van vluchtige vetzuren buiten te sluiten. Men wachte zich voorts voor plotselinge opheffing der spanning, waardoor het kwik uit den kleinen manometer in de gaskamer kan geslingerd worden.

Met den hier beschreven toestel kan men dus, zonder vrees voor verwonding of erger bij onverhoopte verbrijzeling van een of ander onderdeel door de hooge drukking, onder den mikroskoop zelfs bij zeer sterke vergrotingen waarnemen, of en welke veranderingen kleine organen, organismen of contractiele grondvormen ondergaan in een gas of in een mengsel van gassen onder hooge drukking, en kan men, *gedurende de waarneming*, de spanning trapsgewijze of plotseling verhoogen of verlagen, het gas verjagen en door dampkringslucht, desnoods ook door een ander gas, doen vervangen, en tevens het uitdroogen van het voorwerp, althans zoo lang geene te sterke en te drooge lucht- of gasstroomen over het waargenomene voorwerp worden gevoerd voorkomen, terwijl hooge graden van spanning uren en dagen lang in den gashouder en in de gaskamer kunnen worden behouden.

Waarnemingen.

a. *Werking van verdichte zuurstof op protoplasma.* Wel geschikt voor dit onderzoek schenen de fijne haartjes op de meeldraden der fraaie bloemen van *Tradescantia virginiana*.

Bij een drietal proefnemingen, in Juni 1879, werd eene duidelijke versnelling der beweging van het protoplasma in deze haartjes waargenomen, zoodra de gaskamer, waarin deze besloten waren, gevuld werd met zuurstof onder 12 atmosph. spanning. De vorm der protoplasma-draden vertoonde echter niets abnormaals; geene varicositeiten. — Na verloop van $\frac{1}{2}$ uur werden deze draden 2 à 3 maal breeder en had de beweging van het protoplasma geheel opgehouden. Na het opheffen der spanning keerde die beweging niet terug.

Ik bezat echter destijds het opzettelijk voor mijne onderzoekingen door Carl Zeiss vervaardigde objectief L nog niet en heb toen de proeven met de bloemen van *Tradescantia* niet verder voortgezet, aangezien eene scherpe waarneming van het verschijnsel met de lensstelsels, die ik gebruiken kon, vrij moeielijk viel.

b. *Werking van verdichte dampkringslucht en van verdichte zuurstof op de trilbeweging.* Bij 7 atm. *dampkringslucht* hielden de bewegingen van het trilhaar der kieuwen van de oester (*Ostrea edulis*) op. Werd de spanning nu verminderd tot 3,30 atm., dan vertoonde zich weder eenige beweging; bij allengsche vermindering en opheffing der verhoogde spanning herstelden de bewegingen zich *zéér langzaam*.

Van hetzelfde epithelium wordt, zooals mij bij herhaling gebleken is, door zuurstof onder 2 atm. de beweging duidelijk vertraagd, doch herstelt deze zich als de spanning wordt opgeheven. — Bij 5 atm. stonden de meeste trilharen gewoonlijk reeds na 3 minuten stil; *alle* trilharen kwamen echter ook zelfs na veel langdurigere blootstelling aan de zuurstof niet tot rust. Werd daarna de spanning *langzaam* verminderd tot op 1 atmosfeer, dan keerde bij de tot rust gekomene tril-

haren de beweging langzaam terug; maar zij bereikte dikwijls niet, of althans niet spoedig, de oorspronkelijke snelheid. — Bij hoogere spanningen kwamen meermalen *alle* trilharen tot rust. Soms bleven evenwel enkele, onder volkomen gelijke omstandigheden, bij 6 atm. en meer nog zwakke beweging vertoonen.

Bij herhaalde afwisseling der werking van zuurstof onder 6 (of meer) atmosferen en van dampkringslucht zonder verhoogde spanning op het kieuw-epithelium der oester was de invloed telkens reeds binnen 30 seconden merkbaar en stond binnen 2 minuten resp. alles stil, of geraakte het weder in beweging.

Ten einde een getrouw beeld te geven van de verkregene uitkomsten deel ik hier een paar waarnemingen mede. Bij alle deze proefnemingen werd het trilhaar in een druppel van het eigen vocht van de oester gelegd.

21 *Maart* 1879. Temperatuur van het vertrek 16° C. Gashouder geladen met zuurstof, versch bereid uit chloras kalicus en bruinsteen. — Trilhaar van eene oesterkieuw ten 3^u 30' p. m. blootgesteld aan deze zuurstof onder 5 atmosph. spanning.

Ten 3^u 33' staat reeds $\frac{3}{4}$ van het getal trilharen stil.

Ten 3^u 35' de spanning verminderd tot op 1 atmosph. Vele trilharen geraken kort daarna weder in beweging; ongeveer $\frac{1}{4}$ blijft echter in rust. Waar de beweging teruggekeerd is, schijnt zij iets zwakker dan vóór het inwerken van de zuurstof.

Ten 4^u 7' op nieuw eene spanning van 5 atmosph. Zeer langzaam begint de beweging weder te vertragen.

Ten 4^u 30' de spanning verhoogd tot 6 atmosferen.

Ten 4^u 40' de vertraging zeer toegenomen, maar er staan niet zoo vele trilharen stil als bij de eerste inwerking van 5 atmosph. spanning.

27 *Maart* 1879. Temperatuur van het vertrek 17° C. Trilhaar van eene oesterkieuw. De gashouder van den toestel is geladen met zuurstof onder 5 atmosph. spanning. Ten 2^u 0' p. m. wordt die zuurstof toegelaten tot de gaskamer, terwijl het koperen stiftje even losgemaakt is, zoodat gas uit de gaskamer kan worden uitgedreven. Nadat op die wijze de spanning in den gashouder zeer langzaam tot even beneden 4 atmosph. is gedaald, wordt het gaatje in de gaskamer met het stopje weder gesloten en wordt de spanning in den gashouder weder op 5 atmosph. gebracht.

Stilstand der trilhaarbeweging wordt echter niet verkregen; er staan wel eenige trilharen stil, maar dit geschiedt even zoo bij trilhaar, dat in eene gewone zg. vochtige kamer als contrôle-voorwerp wordt waargenomen.

Ten 3^u 45', dus na $1\frac{3}{4}$ uur, nog geene verandering. De spanning wordt nu in eens gebracht op 7 atmosph.

Ten 4^u 0' zeer merkbare vertraging der beweging.

Ten 4^u 15' staan $\frac{7}{8}$ van het getal trilharen nagenoeg stil en is ook de beweging der overigen merkbaar vertraagd.

Ten 4^u 17' de verhoogde spanning opgeheven; zeer snelle daling tot eene spanning van 1 atmospheer.

Ten 4^u 18' beginnen de tot rust gebrachte trilharen zich weder te bewegen.

Ten 4^u 21' 30" plotseling weder eene spanning van 7 atmosph. laten werken. De invloed is nagenoeg onmiddellijk merkbaar.

Ten 4^u 23' staan alle trilharen stil.

Ten 4^u 25' 30". De spanning snel laten dalen tot 1 atmosph.

Ten 4^u 26' 30" alle trilharen weder in beweging.

Ten 4^u 27' 30". De spanning plotseling weder verhoogd tot 7 atmosph.

Ten 4^u 28' staan alle trilharen weder stil.

Dezelfde afwisseling nog een paar malen herhaald en daarna de waarneming gestaakt.

29 *Maart* 1879. Temperatuur van het vertrek 16° C. De gashouder wordt geladen met zuurstof onder eene spanning van 8 atmosferen. Nadat het trilhaar van eene oesterkieuw

in de gaskamer besloten is, wordt de in deze kamer aanwezige dampkringslucht door de zuurstof van den gashouder uitgedreven, zoodat de spanning in den gashouder tot $7\frac{1}{2}$ atmosph. daalt. Terstond daarna, ten 3^u 45', de spanning in gashouder en gaskamer weder op 8 atmosph. gebracht.

Ten 3^u 48' staan *alle* trilharen stil.

Ten 3^u 50' de spanning verminderd tot 7 atmosph. Geene uitwerking daarvan waargenomen.

Ten 3^u 57' de spanning verminderd tot 6 atmosferen.

Ten 3^u 59' ééne beweging, bijna onmerkbaar.

Ten 4^u 1' de spanning verminderd tot 5 atmosph. De beweging wordt nu iets, maar zeer weinig, sterker.

Ten 4^u 10' is de beweging overal duidelijk teruggekeerd. De spanning nu snel tot 1 atmosph. laten dalen.

Ten 4^u 20' is al het trilhaar weer in normaal snelle beweging.

Dadelijk daarna met *een nieuw praeparaat* de waarneming herhaald. Temperatuur van het vertrek 15° C.

Ten 4^u 40' de gaskamer doorgeblazen met zuurstof onder 8 atmosph. spanning, zoodat in den gashouder de spanning tot 7,5 atmosph. daalde. Terstond de spanning in gashouder en gaskamer weder op 8 atmosph. gebracht.

Ten 4^u 41' staat reeds eene geheele rij trilharen stil.

Ten 4^u 46' de spanning verminderd tot 7 atmosferen. Geene uitwerking waarneembaar.

Ten 4^u 50' de spanning verminderd tot 6 atmosferen.

Ten 4^u 51' keert de beweging der trilharen allengs terug.

Ten 4^u 53' neemt die beweging toe.

Ten 4^u 55' zijn *alle* trilharen in langzame beweging.

Ten 4^u 56' 30". Deze beweging wordt steeds sneller.

Ten 4^u 58' de spanning tot 5 atmosph. laten dalen. De beweging der trilharen wordt daardoor niet levendiger.

Ten 5^u 2' de spanning tamelijk snel tot 1 atmosph. laten dalen.

Ten 5^u 4' is de beweging weer even levendig als aan het contrôle-voorwerp, dat buiten de gaskamer in eene gewone zg. vochtige kamer wordt waargenomen.

Op deze proefnemingen met trilharen van oesterkieuwen is nog eene andere reeks gevolgd met *trilharen uit de mondholte van Rana esculenta* en met trilharen *der kieuwen van de Zoetwatermossel (Anodonta)*.

Deze proeven leerden, dat er een zeer merkwaardig verschil bestaat in de gevoeligheid van het trilhaar bij onderscheidene diersoorten voor de werking van zuurstof onder hooge spanning: de trilharen van den kikvorsch zijn *meer*, die van de mossel *veel minder* gevoelig dan die van de oester voor die werking. Eene beknopte mededeeling van enkele waarnemingen zal dit duidelijk maken.

24 Mei 1880. Temperatuur van het vertrek 18° C.

Trilhaar uit de mondholte van een kikvorsch in de gaskamer gelegd met een druppel eener keukenzout-oplossing van 0,5%. De gashouder geladen met zuurstof onder 4 atmosph. spanning.

Ten 10^u 28' a. m. de gaskamer met deze zuurstof doorgeblazen en de spanning dadelijk weder op 4 atmosph. gebracht.

Ten 10^u 35' staan nagenoeg alle trilharen stil.

Ten 10^u 36' plotseling de spanning tot 1 atm. laten dalen.

Ten 10^u 37' dampkringslucht door de gaskamer gezogen.

Ten 10^u 38' zijn alle trilharen weder in levendige beweging.

Ten 10^u 40' zuurstof door de gaskamer gevoerd en terstond daarna de spanning op 4 atmosph. gebracht.

Ten 10^u 41' eenige *versnelling* der beweging.

Ten 10^u 43' staan $\frac{3}{4}$ van het getal trilharen stil.

Ten 10^u 43' 40' plotseling de spanning tot 1 atm. laten dalen.

Ten 10^u 44' dampkringslucht door de gaskamer gezogen.

Ten 10^u 45'. Nagenoeg alle trilharen zijn nog in rust.

Ten 10^u 46' aan de zijde, waar de trilharen het eerst tot rust gekomen zijn, begint zich weder eenige beweging te vertoonen.

Ten 10^u 47' zijn alle trilharen weder in levendige beweging.

haren de beweging langzaam terug; maar zij bereikte dikwijls niet, of althans niet spoedig, de oorspronkelijke snelheid. — Bij hoogere spanningen kwamen meermalen *alle* trilharen tot rust. Soms bleven evenwel enkele, onder volkomen gelijke omstandigheden, bij 6 atm. en meer nog zwakke beweging vertoonen.

Bij herhaalde afwisseling der werking van zuurstof onder 6 (of meer) atmosferen en van dampkringslucht zonder verhoogde spanning op het kieuw-epithelium der oester was de invloed telkens reeds binnen 30 seconden merkbaar en stond binnen 2 minuten resp. alles stil, of geraakte het weder in beweging.

Ten einde een getrouw beeld te geven van de verkregene uitkomsten deel ik hier een paar waarnemingen mede. Bij alle deze proefnemingen werd het trilhaar in een droppel van het eigen vocht van de oester gelegd.

21 *Maart* 1879. Temperatuur van het vertrek 16° C. Gashouder geladen met zuurstof, versch bereid uit chloras kalicus en bruinsteen. — Trilhaar van eene oesterkieuw ten 3^u 30' p. m. blootgesteld aan deze zuurstof onder 5 atmosph. spanning.

Ten 3^u 33' staat reeds $\frac{3}{4}$ van het getal trilharen stil.

Ten 3^u 35' de spanning verminderd tot op 1 atmosph. Vele trilharen geraken kort daarna weder in beweging; ongeveer $\frac{1}{4}$ blijft echter in rust. Waar de beweging teruggekeerd is, schijnt zij iets zwakker dan vóór het inwerken van de zuurstof.

Ten 4^u 7' op nieuw eene spanning van 5 atmosph. Zeer langzaam begint de beweging weder te vertragen.

Ten 4^u 30' de spanning verhoogd tot 6 atmosferen.

Ten 4^u 40' de vertraging zeer toegenomen, maar er staan niet zoo vele trilharen stil als bij de eerste inwerking van 5 atmosph. spanning.

27 *Maart* 1879. Temperatuur van het vertrek 17° C. Trilhaar van eene oesterkieuw. De gashouder van den toestel is geladen met zuurstof onder 5 atmosph. spanning. Ten 2^u 0' p. m. wordt die zuurstof toegelaten tot de gaskamer, terwijl het koperen stiftje even losgemaakt is, zoodat gas uit de gaskamer kan worden uitgedreven. Nadat op die wijze de spanning in den gashouder zeer langzaam tot even beneden 4 atmosph. is gedaald, wordt het gaatje in de gaskamer met het stopje weder gesloten en wordt de spanning in den gashouder weder op 5 atmosph. gebracht.

Stilstand der trilhaarbeweging wordt echter niet verkregen; er staan wel eenige trilharen stil, maar dit geschiedt even zoo bij trilhaar, dat in eene gewone zg. vochtige kamer als contrôle-voorwerp wordt waargenomen.

Ten 3^u 45', dus na 1 $\frac{3}{4}$ uur, nog geene verandering. De spanning wordt nu in eens gebracht op 7 atmosph.

Ten 4^u 0' zeer merkbare vertraging der beweging.

Ten 4^u 15' staan $\frac{7}{8}$ van het getal trilharen nagenoeg stil en is ook de beweging der overigen merkbaar vertraagd.

Ten 4^u 17' de verhoogde spanning opgeheven; zeer snelle daling tot eene spanning van 1 atmospheer.

Ten 4^u 18' beginnen de tot rust gebrachte trilharen zich weder te bewegen.

Ten 4^u 21' 30" plotseling weder eene spanning van 7 atmosph. laten werken. De invloed is nagenoeg onmiddellijk merkbaar.

Ten 4^u 23' staan alle trilharen stil.

Ten 4^u 25' 30". De spanning snel laten dalen tot 1 atmosph.

Ten 4^u 26' 30" alle trilharen weder in beweging.

Ten 4^u 27' 30". De spanning plotseling weder verhoogd tot 7 atmosph.

Ten 4^u 28' staan alle trilharen weder stil.

Dezelfde afwisseling nog een paar malen herhaald en daarna de waarneming gestaakt.

29 *Maart* 1879. Temperatuur van het vertrek 16° C. De gashouder wordt geladen met zuurstof onder eene spanning van 8 atmosferen. Nadat het trilhaar van eene oesterkieuw

in de gaskamer besloten is, wordt de in deze kamer aanwezige dampkringslucht door de zuurstof van den gashouder uitgedreven, zoodat de spanning in den gashouder tot $7\frac{1}{2}$ atmosph. daalt. Terstond daarna, ten 3^u 45', de spanning in gashouder en gaskamer weder op 8 atmosph. gebracht.

Ten 3^u 48' staan *alle* trilharen stil.

Ten 3^u 50' de spanning verminderd tot 7 atmosph. Geene uitwerking daarvan waargenomen.

Ten 3^u 57' de spanning verminderd tot 6 atmosferen.

Ten 3^u 59' éénige beweging, bijna onmerkbaar.

Ten 4^u 1' de spanning verminderd tot 5 atmosph. De beweging wordt nu iets, maar zeer weinig, sterker.

Ten 4^u 10' is de beweging overal duidelijk teruggekeerd. De spanning nu snel tot 1 atmosph. laten dalen.

Ten 4^u 20' is al het trilhaar weer in normaal snelle beweging.

Dadelijk daarna met *een nieuw praeparaat* de waarneming herhaald. Temperatuur van het vertrek 15° C.

Ten 4^u 40' de gaskamer doorgeblazen met zuurstof onder 8 atmosph. spanning, zoodat in den gashouder de spanning tot 7,5 atmosph. daalde. Terstond de spanning in gashouder en gaskamer weder op 8 atmosph. gebracht.

Ten 4^u 41' staat reeds eene geheele rij trilharen stil.

Ten 4^u 46' de spanning verminderd tot 7 atmosferen. Geene uitwerking waarneembaar.

Ten 4^u 50' de spanning verminderd tot 6 atmosferen.

Ten 4^u 51' keert de beweging der trilharen allengs terug.

Ten 4^u 53' neemt die beweging toe.

Ten 4^u 55' zijn *alle* trilharen in langzame beweging.

Ten 4^u 56' 30". Deze beweging wordt steeds sneller.

Ten 4^u 58' de spanning tot 5 atmosph. laten dalen. De beweging der trilharen wordt daardoor niet levendiger.

Ten 5^u 2' de spanning tamelijk snel tot 1 atmosph. laten dalen.

Ten 5^u 4' is de beweging weer even levendig als aan het contrôle-voorwerp, dat buiten de gaskamer in eene gewone zg. vochtige kamer wordt waargenomen.

Op deze proefnemingen met trilharen van oesterkieuwen is nog eene andere reeks gevolgd met *trilharen uit de mondholte van Rana esculenta* en met trilharen *der kieuwen van de Zoetwatermossel (Anodonta)*.

Deze proeven leerden, dat er een zeer merkwaardig verschil bestaat in de gevoeligheid van het trilhaar bij onderscheidene diersoorten voor de werking van zuurstof onder hooge spanning: de trilharen van den kikvorsch zijn *meer*, die van de mossel *veel minder* gevoelig dan die van de oester voor die werking. Eene beknopte mededeeling van enkele waarnemingen zal dit duidelijk maken.

24 Mei 1880. Temperatuur van het vertrek 18° C.

Trilhaar uit de mondholte van een kikvorsch in de gaskamer gelegd met een druppel eener keukenzout-oplossing van 0,5%. De gashouder geladen met zuurstof onder 4 atmosph. spanning.

Ten 10^u 28' a. m. de gaskamer met deze zuurstof doorgeblazen en de spanning dadelijk weder op 4 atmosph. gebracht.

Ten 10^u 35' staan nagenoeg alle trilharen stil.

Ten 10^u 36' plotseling de spanning tot 1 atm. laten dalen.

Ten 10^u 37' dampkringslucht door de gaskamer gezogen.

Ten 10^u 38' zijn alle trilharen weder in levendige beweging.

Ten 10^u 40' zuurstof door de gaskamer gevoerd en terstond daarna de spanning op 4 atmosph. gebracht.

Ten 10^u 41' eenige *versnelling* der beweging.

Ten 10^u 43' staan $\frac{3}{4}$ van het getal trilharen stil.

Ten 10^u 43' 40'' plotseling de spanning tot 1 atm. laten dalen.

Ten 10^u 44' dampkringslucht door de gaskamer gezogen.

Ten 10^u 45'. Nagenoeg alle trilharen zijn nog in rust.

Ten 10^u 46' aan de zijde, waar de trilharen het eerst tot rust gekomen zijn, begint zich weder eenige beweging te vertoonen.

Ten 10^u 47' zijn alle trilharen weder in levendige beweging.

Ten 11^u 2' de gaskamer doorgeblazen met zuurstof onder 10 atmoph. spanning en terstond daarna de spanning in gashouder en gaskamer weder tot 10 atmoph. opgevoerd.

Ten 11^u 3' stellige *versnelling* der beweging.

Ten 11^u 4' sterke *vertraging* der beweging.

Ten 11^u 4' 30" staat de helft van het getal trilharen nagenoeg stil.

Ten 11^u 6' staat ook de andere helft stil.

Ten 11^u 6' 30". Plotseling de spanning tot 4 atmoph. laten dalen. Ditmaal de gaskamer gesloten gelaten (*geene dampkringslucht doorgezogen*).

Ten 11^u 8' eenige beweging daár, waar de trilharen het eerst tot rust gekomen zijn.

Ten 11^u 10' keert de beweging ook op andere punten *langzaam* terug.

Ten 11^u 15' steeds toenemende beweging, maar *langzame* progressie.

Wanneer de spanning wordt opgeheven, maar de gaskamer met zuurstof gevuld blijft, keert alzoo de beweging veel langzamer terug, dan wanneer dadelijk een stroom dampkringslucht door de gaskamer wordt gevoerd, — tenzij hier de grootere spanning van invloed geweest zij. Om dit na te gaan, wordt ten 11^u 18' lucht door de gaskamer gezogen.

Ten 11^u 20' is de beweging der trilharen zeer merkbaar versneld.

Ten 11^u 25' zijn nagenoeg alle trilharen weder in vrij levendige beweging. Zij hebben echter blijkbaar door de achtereenvolgende schokken veel geleden; ik wacht daarom gedurende eenige minuten af, of zij zich herstellen.

Ten 11^u 31'. Het herstel volgt niet. De trilharen gaan integendeel minder snel trillen en de cellen worden ondoorschijnend. Daarom beter eene nieuwe waarneming aan een versch praeparaat te doen.

26 Mei 1880. Temperatuur van het vertrek 19° C.

Trilhaar uit de mondholte van een kikvorsch in de gas-

kamer gelegd in een druppel eener keukenzout-oplossing van 0,5 %. De gashouder geladen met zuurstof onder 4 atmosph. spanning.

Ten 2^u 28' p. m. de gaskamer met deze zuurstof doorgeblazen en terstond daarna de kraan der gaskamer gesloten. Daarna de spanning in den gashouder opgevoerd tot 4 atmosferen.

Ten 2^u 31' deze spanning in de gaskamer laten werken. De eerste schok geeft *stellige versnelling* der bewegingen van de trilharen.

Ten 2^u 32' 30'' Duidelijke *vertraging* der beweging.

Ten 2^u 33' 20'' staan in enkele gedeelten der rijen de trilharen stil.

Ten 2^u 40' zijn nagenoeg alle trilharen tot rust gekomen.

De spanning nu plotseling tot 1 atmosph. laten dalen, *maar geene dampkringslucht in de gaskamer toegelaten.*

Ten 2^u 42' keert de beweging terug.

Ten 2^u 45' is de beweging van alle trilharen dezelfde als die van het contrôle-praeparaat, alzoo normaal.

Ten 2^u 46' de spanning weer tot 4 atmosph. verhoogd. Dadelijk wordt de beweging *sneller.*

Ten 2^u 47' 30''. Duidelijke vertraging der beweging.

Ten 2^u 54' staan nagenoeg alle trilharen stil.

Ten 2^u 55' de spanning plotseling tot 1 atmosph. laten dalen en dadelijk daarna dampkringslucht door de gaskamer gezogen.

Ten 2^u 56' 30'' is de beweging weer levendig geworden.

De beweging keert dus veel sneller terug, wanneer door de gaskamer, dadelijk na het opheffen der spanning, een stroom dampkringslucht gevoerd wordt.

Op denzelfden namiddag heb ik ook eene proef genomen met het trilhaar der kieuwen van de zoetwatermossel. De zuurstof werd dus uit denzelfden gashouder gebruikt, die haar voor de beide voorafgaande waarnemingen geleverd had.

Ten 3^u 12' p. m. de gaskamer doorgeblazen met zuurstof onder 4 atmosph. spanning en dadelijk daarna de kraan der gaskamer gesloten. De spanning in den gashouder weder op 4 atmosph. gebracht.

Ten 3^u 14' 30'' deze spanning in de gaskamer laten werken.

Ten 3^u 16' zeer duidelijk *versnelde* beweging.

Ten 3^u 30' *hoegenaamd geene vertraging*. De kraan der gaskamer nu gesloten en in den gashouder de spanning op 10 atmosph. gebracht.

Ten 3^u 42' deze spanning verkregen en plotseling in de gaskamer laten werken.

De eerste schok geeft ontwijfelbaar *vertraging* van de beweging der trilharen. Ten 3^u 43' springt het dekglas van de gaskamer.

Ten 4^u 2' een nieuw praeparaat onder een nieuw deksel gelegd en de gaskamer doorgeblazen met zuurstof onder 9 atmosph. spanning. Daarna de kraan der gaskamer gesloten en in den gashouder de spanning op 10 atmosph. gebracht.

Ten 4^u 3' 30'' deze spanning in de gaskamer laten werken. Op den eersten schok volgt duidelijk *vertraging* der beweging.

Ten 4^u 47' hoegenaamd geene verandering verkregen. De spanning nu op 12 atmosph. gebracht.

Ten 4^u 49' geene verandering.

Ten 4^u 58' hoegenaamd geene verandering. De waarneming toen moeten afbreken.

Bij latere waarnemingen is echter gebleken, dat ook voor eene blootstelling aan de werking van zuurstof onder 10 tot 12 atmosph. spanning gedurende een paar uren het trilhaar van de zoetwater-mossel *ongevoelig* is.

Ter vergelijking heb ik ook eenmaal trilhaar uit de mondholte van een kikvorsch en trilhaar van eene zoetwater-mossel (in keukenzout-oplossing van 0,25 %) in *dezelfde* gaskamer gelegd en blootgesteld aan de werking

van zuurstof onder 7 tot 11 atmosph. spanning. Het bleek echter, dat de groote nabijheid der beide praeparaten, die wegens de noodzakelijkheid om bij zoo hooge spanningen een deksel met betrekkelijk zeer klein glaasje te gebruiken onvermijdelijk was, zeer storend werkte. De trilharen kaatsten elkander celhoopen, monaden, enz., toe en weldra was de geheele tusschenruimte tusschen de beide soorten van trilhaar met deze lichaampjes zóó gevuld, dat eene nauwkeurige waarneming onmogelijk was. Voor dergelijke waarnemingen zal een koperen deksel moeten gemaakt worden met *twee* gaten, onder welke het dekglasje door een glazen ribje of op andere wijze in twee deelen gescheiden wordt.

c. *Werking van verdichte zuurstof op spermatozoiden.* Spermatozoën van Triton taeniatus en van Rana esculenta reageeren over het algemeen even als het trilhaar van de oester op de werking van zuurstof onder hooge spanning en krijgen hunne beweging weer nagenoeg terug, als de spanning opgeheven wordt. Zij zijn echter lang zoo gevoelig niet voor de snelle afwisseling; bij spermatozoën van een Triton taeniatus bijv. heb ik eens *zeven* malen achtereen eene spanning van 8 atmosph. zoo snel mogelijk laten afwisselen met eene spanning van 1 atmosfeer, zonder merkbaren invloed.

d. *Zuurstof onder verhoogde spanning op Amoeben.* Met Amoeben heb ik slechts een paar proeven genomen. De volgende waarneming doet zien, welke werking de zuurstof onder verhoogde spanning op deze organismen uitoefent.

31 Maart 1879. Ten 4^u 29' p. m. zuurstof onder 5³/₄ atmosph. spanning in de gaskamer toegelaten en ten 4^u 30 deze spanning op 6 atmosph. gebracht.

Ten 4^u 34' ondergaat de vorm dezelfde veranderingen, die ook onder normale omstandigheden waargenomen worden.

Ten 4^u 35' wordt de spanning op 8 atmosph. gebracht.

Ten 4^u 40' worden eenige uitloopers varikeus en korter; er worden geene nieuwe gevormd noch oude verlengd.

Ten 4^u 45' hebben zich eenige uitloopers geheel teruggetrokken; ook de andere beginnen — aan den top het eerst — dikker en korter en tevens varikeus te worden.

Ten 5^u hebben de uitloopers zich nog meer ingetrokken.

Ten 5^u 2' de spanning tot 1 atmosph. doen dalen.

Ten 5^u 3' de uitloopers vrij plotseling *sterk varikeus* en *korter!* Het lichaampje is als bedekt met protoplasma-bollen en kegels.

Ten 5^u 6' De varicositeiten zijn grootendeels verdwenen. Er beginnen weder spitse uitloopers te komen uit de toppen der verdikte protoplasma-massa.

e. *Zuurstof onder verhoogde spanning op bacteriën.* Tegen de werking van zuurstof onder verhoogde spanning zijn bacteriën althans gedurende eenige uren zeer goed bestand. De volgende waarnemingen, gekozen uit eene vrij groote reeks, zullen dit duidelijk doen uitkomen.

6 Januari 1880. Rottingsbacteriën, verkregen uit een hooiatreksel, dat gedurende ongeveer drie weken aan de lucht is blootgesteld, worden in de gaskamer gebracht en deze gaskamer wordt gevuld met zuurstof onder 6 atmosph. spanning, ten 3^u 21' p. m. De beweging der bacteriën wordt daardoor stellig levendiger.

Ten 3^u 25' is de beweging der bacteriën zeer duidelijk versneld.

Ten 4^u 8' kon geene verdere verandering van de beweging der bacteriën waargenomen worden.

Ten 4^u 32' was de beweging nog zeer levendig. Ik moest de waarneming afbreken, doch liet de gaskamer onaangevoerd staan tot den volgenden dag.

Op den 7 Januari 1880 des morgens ten 10^u 15' was de gaskamer nog met zuurstof gevuld, maar was de druppel met bacteriën verdroogd; beweging was aan deze bacteriën niet te bespeuren. Ik bevochtigde nu deze bacteriën met een druppel gedestilleerd water, van welks zuiverheid ik mij nauwkeurig

had overtuigd; dadelijk daarna geraakten de bacteriën hier en daar weder in levendige beweging.

7 Januari 1880. Ten 12^u 10' p. m. bacteriën uit het gisteren gebruikte hooi-aftreksel in de gaskamer geplaatst en zuurstof onder 7 atmosph. spanning daarop laten werken. Dadelijk na het openen van de kraan der gaskamer schijnt de beweging der bacteriën iets sneller te worden.

Ten 12^u 15' is de beweging duidelijk veel sneller en is vooral opvallend eene snelle draaiing van vele bacteriën om hunne dwarse as (duikelbewegingen).

Ten 12^u 45' alles zonder verandering.

Ten 1^u 50' het praeparaat terugziende, vond ik de spanning in den gashouder tot even beneden 6 atmosph. gedaald. Dadelijk de spanning weder op 7 atmosph. gebracht.

Ten 3^u 50' de beweging der bacteriën nog onveranderd gevonden. Aan de ondervlakte van den droppel zitten wel is waar vele bacteriën als vastgekleefd, maar deze laten nu en dan weder los en bewegen zich dan zeer levendig. *Binnen* den droppel zijn alle bacteriën nog in dezelfde levendige beweging als bij den aanvang der waarneming, vóór 3^u 40'.

Ten 3^u 51' de spanning zeer langzaam laten dalen.

Ten 3^u 59' is op deze wijze de spanning tot 4 atm. gedaald. Geene verandering valt waar te nemen.

Ten 4^u 4' is de spanning tot 3 atm. gedaald. Geene verandering.

Ten 4^u 9' is de spanning tot 1 atm. gedaald, zonder dat van deze langzame daling eenige werking op de bacteriën te bespeuren is.

Ten 4^u 30' de waarneming gestaakt, maar de gaskamer met zuurstof gevuld en aan den gashouder verbonden gelaten.

8 Januari 1880 ten 10^u 15' a. m. het praeparaat van gisteren onveranderd gevonden; de bacteriën in de gaskamer bewegen zich nog even levendig als gisteren.

De gashouder nu geladen met versch bereide zuurstof onder 8 atmosph. spanning en deze zuurstof ten 11^u 31' in de van een nieuwen droppel met bacteriën voorziene gaskamer laten binnendringen.

Ten 11^u 36' zie ik aan de bacteriën dezelfde buitengewoon snelle duikelbewegingen, die ik gisteren waarnam.

Ten 12^u 20' geene veranderingen. De waarneming gestaakt.

Ten 1^u 40' terugkerende, vond ik de spanning tot $7\frac{1}{4}$ atm. gedaald. Dadelijk bracht ik haar weder op 8 atmosph. De bacteriën waren nog in levendige beweging, hoewel, even als gisteren, nu en dan vele hunner een tijd lang als vastgekleefd tegen de ondervlakte van den droppel bleven.

Ten 2^u 20' een aanvang gemaakt met zeer langzame vermindering van de hooge spanning, zoodat ten 2^u 28' de spanning tot 1 atmospheer was gedaald.

9 Januari 1880 des morgens ten 10^u 30' de gisteren aan de hooge spanning blootgestelde en sedert in de met zuurstof gevulde gaskamer besloten geblevene bacteriën in normale levendige beweging gevonden.

Ten 11^u 57' uit hetzelfde, gisteren en eergisteren gebruikte, hooi-aftreksel een droppel met rottings-bacteriën in de gaskamer gebracht en blootgesteld aan de werking van zuurstof onder 10 atmosph. spanning.

Ik zie thans veel minder duidelijk de snelle duikelbewegingen, aan de bacteriën op de beide voorgaande dagen waargenomen. De beweging der bacteriën in de gaskamer verschilt niet noemenswaard van die der bacteriën in het contrôle-praeparaat, maar is stellig niet *langzamer*.

Tot 12^u 25' viel geene verandering waar te nemen. De waarneming toen tijdelijk gestaakt.

Ten 1^u 30' vond ik bij mijn terugkeer de beweging der bacteriën onveranderd, maar de spanning tot 9 atmosph. gedaald. Dadelijk de spanning weer op 10 atmosph. gebracht.

Ten 4^u 5' was nog hoegenaamd geene verandering in de beweging der bacteriën te bespeuren. De spanning toen uiterst langzaam verminderd, zoodat zij ten 5^u 0' tot 3 atmosph. was gedaald. Onder die spanning het praeparaat in de gaskamer laten vertoeven tot den volgende dag.

10 Januari 1880 ten 1^u 5' p. m. de spanning in den gas-houder en de gaskamer gedaald gevonden tot $2\frac{1}{4}$ atmosph.

De spanning nu laten dalen tot 1 atmosph. en de gaskamer geopend. De druppel was verdroogd en de bacteriën vertoonden geene beweging. Op die bacteriën nu een druppel volkomen zuiver gedestilleerd water gebracht; dadelijk daarna geraken de bacteriën weder in beweging en gedragen zij zich, alsof er niets gebeurd ware. Deze bacteriën onderscheiden zich hoegenaamd niet van de bacteriën in het contrôle-praeparaat.

Dezelfde uitkomsten heb ik verkregen bij het plaatsen van rottings-bacteriën in zuurstof onder 12 atmosph. spanning.

Eenmaal, op den 16 Januari 1880, heb ik rottings-bacteriën, afkomstig uit het bovenbedoelde hooi-aftreksel, binnen 18 minuten driemaal achtereen blootgesteld aan de plotselinge inwerking van zuurstof onder 12 atmosph. spanning en de plotselinge daling van die spanning tot 1 atmosph., waarbij de drukking der 12 atmosph. telkens 5 minuten aanhield. Op de beweging der bacteriën had dit geen waarneembare invloed. — Daarna heb ik dezelfde bacteriën in de gaskamer, die gevuld was met zuurstof onder eene spanning van iets meer dan $1\frac{1}{2}$ atmospheer, laten vertoeven tot den volgenden dag. Op dien dag (17 Januari 1880) had ik echter geene gelegenheid om het Physiologisch Laboratorium te bezoeken en ik zag het praeparaat in de gaskamer eerst terug op den 18 Januari 1880, alzoo twee etmalen na het begin der waarneming. De manometer van den gashouder stond toen op het nulpunt en de druppel in de gaskamer was verdroogd; beweging was aan de in de gaskamer beslotene bacteriën niet waar te nemen. Ik opende toen de gaskamer en bevochtigde het dekglasmaasje met een druppel gedestilleerd water, van welks volkomene zuiverheid ik mij vooraf had overtuigd. Een exemplaar van eene kleine monas-soort bewoog zich zeer kort daarna weder even levendig als in den normalen toestand, maar van de bacteriën geraakten er betrekkelijk slechts weinigen weder in beweging. Het getal der herlevenden nam echter voortdurend toe.

Bij eene latere waarneming (10 Mei 1881) heb ik ten 10^u 29' a. m. bacteriën uit een hooi-aftreksel, dat 3 dagen lang

in eene broeistoof bij 35° C. was bewaard, in de gaskamer blootgesteld aan de werking van zuurstof onder 10 atm. spanning. Des avonds ten 7^u 30' lagen vele dezer bacteriën stil en bewogen de overigen zich trager dan des morgens. Op den volgenden dag, ten 9^u 45' a. m., was de spanning tot 8,5 atm. gedaald; in de bovenste lagen van den droppel bewogen een 50 à 60 tal bacteriën zich in verschillende richtingen, hoewel trager dan in den geheel verschen toestand. Op den 12 Mei, alzoo op den tweeden dag, ten 10^u 5' a. m. was de spanning in den onaangeroerd gelaten toestel tot 7,5 atm. gedaald en waren alle bacteriën in rust; de droppel niet verdroogd. Ten 10^u 30' a. m. werd de spanning tot 1 atm. teruggebracht, maar de gaskamer met zuurstof gevuld gelaten. Ten 10^u 45' a. m. vertoonden de bacteriën nog geene beweging. De gaskamer werd nu voorzichtig geopend en het deksel dadelijk overgebracht op een met kringvormig vaseline bestreken voorwerpglasje. In den droppel vertoonden zich nu eenige luchtbellen. Ten 11^u a. m. begon een der grootste bacteriën zich weder te bewegen; ten 11^u 15' was hetzelfde ook aan andere, deels kleinere, waar te nemen; ten 4^u 50' p. m. waren betrekkelijk vele bacteriën weder in beweging, maar traag. Op den 13 Mei ten 10^u 15' a. m. waren de aldus bewaarde bacteriën nog in trage beweging.

f. *Werking van zuurstof onder verhoogde spanning op monaden.* Bij menigvuldige waarnemingen is mij gebleken, dat monaden even goed als bacteriën bestand zijn tegen de werking van zuurstof onder hooge drukking, zelfs bij eene spanning van 12 atmosferen.

g. *Werking van zuurstof onder verhoogde spanning op zeer jonge exemplaren van Perca fluviatilis.* In April en Mei 1879 heb ik de gelegenheid gehad om waarnemingen te doen op jonge baarsjes, die pas hunne eihulsels verlaten hadden of bezig waren te verlaten. Ik heb daarvan gebruik

gemaakt om vooral de werking van zuurstof onder hooge drukking op het hart zoo nauwkeurig mogelijk na te gaan.

De volgende waarnemingen zijn uit eene vrij lange reeks gekozen.

2 Mei 1879. Temperatuur van het vertrek 14,5° C. De gashouder gevuld met zuurstof onder 10 atmosph. spanning. Een pas uit zijn eihulsel bevrijd exemplaar van *Perca fluviatilis* in de gaskamer gesloten; geteld aantal hartslagen = 120 en de slingerbeweging van een metronoom daarnaar geregeld.

Ten 2^u 45' p. m. de gaskamer met de zuurstof van den gashouder doorgeblazen en de spanning dadelijk weder op 10 atmosph. gebracht. Dadelijk worden eigenaardige trekkende, krampachtige, bewegingen van den kop van het baarsje naar boven en naar links gezien.

Ten 2^u 50' eene enkele heftige totale beweging. Hartslag 104. De trekkende, stootsgewijze beweging van den kop heeft opgehouden.

Ten 2^u 55' de mond wijd gapend.

Ten 2^u 59' hartslag 96; nu en dan blijft eene samentrekking van het hart uit. Ligte trekkende bewegingen van het lichaam, die bij het contrôle-diertje niet waargenomen worden.

Ten 3^u 5' de spanning plotseling tot 1 atmosph. doen dalen en dampkringslucht door de gaskamer gezogen. Het baarsje blijft rustig liggen.

Ten 3^u 7' weder de vroegere trekkende beweging.

Ten 3^u 8 hartslag 108.

Ten 3^u 10' de samentrekking van het hart sterk dicrotisch.

Ten 3^u 16' hartslag 30.

Ten 3^u 17' de spanning weder op 10 atmosph. gebracht.

Ten 3^u 18' van hartbeweging niets meer te zien.

Ten 3^u 28' meende ik, dat het diertje gestorven was; eensklaps zag ik echter het hart weder zéér flauw kloppen, 42 maal in de minuut.

Ten 3^u 40' is het baarsje stellig dood. Het contrôle-diertje leeft daarentegen ongedeerd voort.

Ten 4^u 20' een nieuw exemplaar, vermoedelijk een dag ouder dan het voorgaande, in de gaskamer blootgesteld aan de werking van zuurstof onder 10 atmosph. spanning. Voor het sluiten der gaskamer klopte het hart van dit exemplaar 132 maal in de minuut.

Ten 4^u 21' 30'' hartslag 116. Het diertje ligt rustig. De mond gesloten.

Ten 4^u 24' hartslag 104. Sterke trillende beweging.

Ten 4^u 25' hartslag 100.

Ten 4^u 27' hartslag 84. Sterke, krampachtige, bewegingen. De bloedsomloop prachtig te zien.

Ten 4^u 36' hartslag 85.

Ten 4^u 37' de spanning plotseling tot 1 atmosph. laten dalen. Levendige bewegingen.

Ten 4^u 40' hartslag 104. Rustige ligging.

Ten 4^u 47' hartslag 110.

Ten 4^u 47' 30'' de spanning weder verhoogd tot 10 atmosphen. Het baarsje rilt een oogenblik. Hartslag 102. Daarna heftige bewegingen.

Ten 4^u 53' hartslag 97. De spanning plotseling tot 1 atmospheer doen dalen.

Ten 4^u 55' hartslag 110. De spanning weer verhoogd tot 10 atmosphen. Dadelijk heftige bewegingen.

Ten 4^u 57' hartslag 101. Heftige bewegingen.

Ten 5^u hartslag 110.

Ten 5^u 3' hartslag 105. De spanning nu laten dalen tot 1 atmospheer en daarna plotseling, twee maal achtereen, afwisselend eene spanning van 10 en van 1 atmosph. laten werken.

Ten 5^u 4' heftige bewegingen, afgewisseld door tusschenpoezen van volkomene rust. Hartslag 104.

De waarneming gestaakt.

3 Mei 1879. Temperatuur van het vertrek 11° C.

Een vrij groot exemplaar van de sedert 1 of 2 dagen uit hunne eihulsels ontsnapte baarsjes in de gaskamer blootgesteld aan zuurstof onder 10 atmosph. spanning. Vóór het sluiten

der gaskamer worden 74 hartslagen geteld; het hart klopt dus zéér langzaam.

Ten 3^u 41' p. m. de spanning laten werken, na doorblazing van de gaskamer. Na den eersten schok blijft het diertje in den waterdruppel rustig liggen.

Ten 3^u 42' trekkende beweging.

Ten 3^u 45' hartslag 63.

Ten 3^u 50' hartslag 57.

Ten 3^u 54' hartslag 59.

Ten 3^u 55' de spanning plotseling tot 1 atmosph. laten dalen.

Ten 3^u 55' 20" hartslag 60. Het diertje ligt buitengewoon rustig.

Ten 3^u 57' hartslag 64.

Ten 4^u 1' hartslag 68.

Ten 4^u 3' hartslag 74.

Ten 4^u 4' de spanning plotseling weder op 10 atm. gebracht. Levendige bewegingen, maar het diertje komt snel weder tot rust.

Ten 4^u 6' hartslag 72.

Ten 4^u 11' hartslag 70.

Ten 4^u 12' 30" hartslag 66.

Ten 4^u 14' hartslag 62.

Ten 4^u 15' de spanning plotseling tot 1 atm. doen dalen.

Ten 4^u 16' hartslag 63.

Ten 4^u 19' hartslag 74.

Ten 4^u 20' de spanning plotseling tot 10 atmosph. verhoogd.

Ten 4^u 22' hartslag 72.

Ten 4^u 25' 30" hartslag 71.

Ten 4^u 27' hartslag 70.

Ten 4^u 28' 30" hartslag 66.

Ten 4^u 30' hartslag 64.

Ten 4^u 34' begonnen om, viermaal achtereen, de spanningen van 10 en van 1 atmosph. plotseling te laten afwisselen. Het diertje schrikt telkens.

Ten 4^u 35' hartslag 70 onder 10 atmosferen.

Ten 4^u 42' hartslag 66.

Ten 4ⁿ 45' hartslag 63.

De waarneming gestaakt.

9 Mei 1879. Een exemplaar van jonge baarsjes, die sedert 1 of 2 dagen uit hunne eihulsels ontsnapt zijn, blootgesteld aan de werking van zuurstof onder 12 atmosph. spanning. Vóór het sluiten der gaskamer 114 hartslagen geteld (bij het contróle-diertje 112 slagen). Temperatuur van het vertrek 11° C.

Ten 12ⁿ 8' p. m. de hooge spanning laten werken, na doorblazing van de gaskamer.

Ten 12ⁿ 9' 30' de hartslag 75 en zéér onregelmatig; 2, 3 à 4 hartslagen blijven nu en dan uit.

Ten 12ⁿ 15' hartslag 60, onregelmatig.

Ten 12ⁿ 19' hartslag 48 en sommige pauzen buitengewoon lang. Het diertje ligt overigens vrij rustig, behalve met den bek, die aanhoudend wijd gapende bewegingen maakt. Nu en dan trilt het lichaam een weinig.

Ten 12ⁿ 23' hartslag 51, onregelmatig.

Ten 1ⁿ 42' hartslag 56, even onregelmatig. Het bloed heeft, evenals in eenige vroegere waarnemingen, een korrelijger aanzien gekregen, d. w. z. de bloedcellen zijn duidelijker te zien en donkerder geworden. — Bij het contróle-diertje klopt het hart rustig voort, rhythmisch; 102 slagen.

Ten 2ⁿ 4' hartslag 53.

Ten 2ⁿ 16' hartslag 51.

Ten 2ⁿ 32' hartslag 54. Bewegingen nu en dan nog vrij levendig.

Ten 2ⁿ 46' hartslag 55.

Ten 3ⁿ 1' hartslag 53.

Ten 3ⁿ 23' hartslag 53. Het contróle-diertje is zeer onrustig; hartslag 112.

Ten 6ⁿ 30' vind ik het baarsje in de gaskamer dood; het controle-diertje normaal.

h. *Werking van zuurstof onder verhoogde spanning op Daphnia spec.* Eene korte mededeeling van het opge-

teekende bij twee uit eene reeks van mijne proefnemingen gekozene waarnemingen moge doen zien, welke invloed de zuurstof onder hooge drukking op deze crustaceën heeft.

13 Juni 1879. Temperatuur van het vertrek 18° C.

Eene Daphnia met de op haar gehechte Vorticellae in de gaskamer gelegd en, na doorblazing van de gaskamer met zuurstof, blootgesteld aan de werking van dat gas onder 12 atmosph. spanning. Vóór het sluiten der gaskamer werden 200 hartslagen in de minuut geteld, hoewel de telling uiterst moeielijk viel wegens de levendige bewegingen van het diertje in den waterdruppel.

Ten 2^u 49' p. m. inwerking der hooge spanning.

Ten 3^u 7' hartslag 160 en onregelmatig. De trilharen van de Vorticellae staan stil.

Ten 3^u 22' hartslag 126; onregelmatig.

Ten 3^u 34' hartbeweging staat stil; alleen nu en dan eene stuipachtige beweging der pootjes.

Ten 3^u 35' de spanning tot 1 atmosph. laten dalen en 3 à 4 maal krachtig dampkringslucht door de gaskamer gezogen.

Ten 3^u 38' begint het hart zich weer zamen te trekken. De Vorticellae bewegen zich levendig op hunne stelen. Het diertje herleeft.

Ten 3^u 55' p. m. het normaal geblevene contróle-diertje in de gaskamer in zuurstof onder 12 atmosph. spanning geplaatst. De snelheid van den hartslag kan niet met zekerheid geteld worden.

Ten 4^u zijn de bewegingen van het diertje veel zeldzamer geworden. De op het diertje gehechte Vorticellae hebben zich *alle* sterk samengetrokken.

Ten 4^u 4' ligt het diertje zeer stil; slechts nu en dan eene zeer flauwe krampachtige beweging van één der pootjes.

Ten 4^u 5' de spanning plotseling tot 1 atmospheer doen dalen.

Ten 4^u 6' zijn de bewegingen weer teruggekeerd; het diertje *zwemt rond!* De steeltjes van vele Vorticellae zijn nog samen-

getrokken; de trilharen op die Vorticellae weder in beweging, maar niet duidelijk waar te nemen wegens de betrekkelijk zwakke vergrooing.

De waargenomene feiten kunnen in hoofdzaak aldus worden samengevat.

1° De normale beweging van het trilhaar der kieuwen van de oester houdt spoedig op in *dampkringslucht* onder 7 atm. spanning, maar keert terug, zoodra de spanning tot op ruim 3 atm. verminderd wordt.

In *zuurstof* onder 2 atm. spanning *vertraagt* de beweging van *dit* trilhaar altijd; bij het stijgen der spanning tot 5 atm. houdt de beweging van het meerendeel dezer trilharen *in den regel* snel op; onder nog hoogere spanning komen doorgaans alle of bijna alle tot rust.

Bij langzame vermindering der spanning, bijv. van 8 tot op 6 atm., kan de beweging dezer trilbaren allengs terugkeeren; daalt de spanning tot 1 atm., dan wordt de beweging betrekkelijk snel weder normaal.

Bij herhaalde plotselinge *afwisseling* der werking van zuurstof onder 6 of meer atm. spanning en van dampkringslucht onder normale drukking is de invloed dezer afwisseling in beide richtingen gewoonlijk reeds binnen 30 seconden merkbaar en staat binnen 2 minuten al het trilhaar stil of geraakt het weder in beweging. Wordt de spanning van het zuurstofgas verminderd tot op 1 atm., zonder dat dampkringslucht toetreedt, dan laat de terugkeer der beweging van het trilhaar zich gewoonlijk iets langer wachten.

2°. Hetgeen sub 1° ten aanzien van het trilhaar der kieuwen van de oester gezegd is geldt niet volkomen voor het trilhaar van andere diersoorten: de trilharen bijv. van den kikvorsch zijn veel gevoeliger dan die van de oester;

die van de zoetwatermossel komen daarentegen in zuurstofgas zelfs onder eene spanning van 10 tot 12 atm. niet spoedig, d. w. z. niet binnen een paar uren, tot rust. Er bestaat overigens ook eenig verschil in gevoeligheid bij exemplaren van dezelfde diersoort.

De eerste schok der toetreding van zuurstof onder hooge spanning verraadt zich gewoonlijk door eene voorbijgaande, maar onmiskenbare, *versnelling* der trilbaarbeweging, soms echter door eene plotselinge *vertraging*.

3° Spermatozoën van Triton taeniatus en van Rana esculenta reageeren ongeveer op dezelfde wijze als het trilhaar van de oester op de werking van zuurstof onder verhoogde spanning, maar zijn minder gevoelig.

4° Rottingsbacteriën en monaden uit een hooi-aftreksel zijn in een druppel van dat vocht althans gedurende eenige uren tegen de werking van zuurstof zelfs onder 12 atm. spanning zeer goed bestand; gewoonlijk worden hunne bewegingen onder dien invloed sneller. Enkele dezer bacteriën bieden zelfs weerstand gedurende ongeveer twee etmalen.

Plotselinge en zeer sterke afwisseling in den graad der spanning van het zuurstofgas heeft op de bewegingen der bacteriën en monaden geen anderen waarneembaren invloed als die van den eersten schok bij het terugkeeren der hooge spanning, die versnelling of vertraging veroorzaakt. Misschien is hierbij eenige wijziging van den warmtegraad in het spel.

5° Exemplaren van Euplotes Charon zijn dikwijls uren lang bestand tegen de werking van zuurstof onder 8 tot 12 atm. spanning.

6° Bij jonge, pas uit hunne eihulsels ontsnapte, baarsjes wordt in zuurstof onder 10 atm. spanning de hartslag spoedig zeer vertraagd; na vermindering der spanning tot 1 atm. wordt de hartslag weder veel menigvuldiger. Zelfs

tegen zeer snelle en sterke afwisseling in den graad der spanning is het diertje soms bestand. Bij langdurige werking der hooge spanning worden echter de bloedcellen donkerder en sterft het diertje.

7° *Daphniae* species zijn soms althans gedurende $\frac{3}{4}$ uur bestand tegen de werking van zuurstof onder 12 atm. spanning, hoewel de hartslag onregelmatig en allengs trager wordt.

De algemeene slotsom mijner waarnemingen is alzoo, dat nagenoeg alle onderzochte levende vormen voor de werking van zuurstofgas gevoeliger zijn dan voor die van dampkringslucht bij gelijke spanning, en dat deze vormen, in zuiver zuurstofgas onder 2 of meer atm. spanning bewaard, veel spoediger ophouden levensverschijnselen te vertoonen dan wanneer zij onder normale omstandigheden blijven verkeerren. Alleen bacteriën en monaden, uit een rottend hooi-aftreksel verkregen, schijnen eene uitzondering te maken: immers, zij gaan niet spoediger te gronde dan andere aan hetzelfde aftreksel ontleende, bewaard in een kleinen druppel van dat vocht in eene geslotene en met dampkringslucht onder normale spanning gevulde gaskamer. Bij vele vormen vertoonen overigens de levensverschijnselen zich weder, wanneer de spanning van het zuurstofgas tijdig verminderd wordt.

Het lag voor de hand ter verklaring van deze feiten te denken aan een *verborgen* voortbestaan van het leven; want de beweging der vormen hield wel op, maar zij kon althans gedurende zekeren tijd willekeurig weder te voorschijn geroepen worden en de gewone verschijnselen van rotting bleven uit. Evenals in zaden en in rotatoriën bij gebrek aan vocht de voorwaarden voor het leven blijven bestaan, ofschoon er van dit leven geene tee-

kenen waar te nemen zijn, zou dit in de onderzochte vormen het gevolg der werking van zuurstof onder hooge spanning kunnen wezen. De waarneming leerde echter, dat, behoudens de vermelde uitzondering, eene langdurige blootstelling aan die werking den dood der onderzochte vormen veroorzaakte.

Zuurstof onder hooge spanning moest dus voor levende vormen in zekeren zin een vergift genoemd worden. In zoo verre had Paul Bert, die op dit feit het eerst de aandacht vestigde, dan ook geen onrecht. Maar de verklaring, die hij van het feit gaf, is niet aannemelijk.

Paul Bert gaat nl., zooals reeds boven (bladz. 2) werd gezegd, van de onderstelling uit, dat in het bloed van levende dieren de van buiten toegevoerde zuurstof geheel gebonden wordt aan haemoglobine, totdat deze verzadigd is; eerst dan, wanneer, bij hooge spanning, die verzadiging tot stand gekomen is, zou de verder toegevoerde zuurstof vrij blijven, opgelost in het bloed, en deze vrije zuurstof zou nadeelig worden voor het leven, omdat het bloedplasma en de weefsels geene andere zuurstof kunnen gebruiken als die, welke zij aan de oxy-haemoglobine ontleenen.

Die voorstelling is echter onjuist. Immers, de aan het bloed toegevoerde zuurstof wordt daarin te gelijk opgelost en gebonden in zoodanige verhouding, dat in de bloedcellen en in het bloedvocht de spanning gelijk blijft; er is beweeglijk evenwicht naar de wetten van dissociatie, zooals dit door Prof. Donders werd aangetoond. Er is dus altijd vrije zuurstof in het bloed voorhanden en altijd is het deze vrije zuurstof, die in betrekking tot het leven der weefsels werkzaam wordt. Maar al ware de voorstelling van Paul Bert niet onjuist, dan zou zij toch hier geene toepassing kunnen vinden. Paul Bert ziet

nl. voorbij, dat in de weefsels geen haemoglobine aanwezig is; alleen in de spieren vindt men van die stof een spoor. En terwijl uit de weefsels geene zuurstof te verkrijgen is, bestaat er geen grond daarin stoffen aan te nemen, die zich tot oxygenium verhouden als de haemoglobine. De levende stof neemt het zuurstofgas op en legt het vast. Die stof verkeert dan in *niet omkeerbare* dissociatie, en deze is de voorwaarde, de onmiddellijke grond der levensverschijnselen. Het meest overtuigende bewijs van de juistheid dezer stelling heeft reeds vóór jaren Engelmann geleverd (zie het „Nederlandsch archief voor genees- en natuurkunde”, deel III, aflev. 2, 1867, pag. 304, en deel IV, aflev. 2 en 3, 1868, pag. 275). Wanneer nl. door eene gaskamer, waarin levende trilhaarcellen gelegd waren, zuiver waterstofgas stroomde, dan begon de beweging der trilharen na 3 tot 5 minuten te vertragen en was na $\frac{1}{2}$ uur gewoonlijk het grootste deel der trilharen tot stilstand gebracht. Maar wanneer de trillingen ten gevolge van deze oorzaak bijv. $\frac{1}{2}$ uur stilgestaan hadden, dan bleek het doorvoeren van eene zéér geringe hoeveelheid zuurstof voldoende te zijn om ze weder te voorschijn te roepen. Stilstand kon daarna andermaal verkregen worden, wanneer de zuurstof weder door waterstof verdrongen werd, en deze afwisseling van beweging en rust kon zelfs eenige malen achtereen worden voortgebracht. De trilhaarcel kan dus, nadat haar voorraad vastgelegde zuurstof is verbruikt tot het onderhouden van hare levenswerkzaamheid, dien voorraad vervangen door het opnemen van zuurstof in gasvorm van buiten. Overigens neemt die cel ook dan, wanneer van eene vermindering van haren voorraad zuurstof niets blijkt, gemakkelijk nog meer zuurstof op en verbruikt zij deze tot versterking van hare physiologische werkzaam-

heid; dit kan mede afgeleid worden uit de door Engelmann waargenomene feiten.

Paul Bert's onjuiste voorstelling is waarschijnlijk wel daaraan te wijten, dat hij in het door hem waargenomene eene aansluiting meende te mogen zien aan den levensvorm, dien Pasteur anaërobie genoemd heeft (zie boven, bladz. 2). Maar die aansluiting bestaat niet. Immers, de anaërobie heeft bij Pasteur een geheel andere zin. Hij toch heeft de zuurstof op het oog, zoo als zij in samengestelde moleculen, bijv. in suiker, aanwezig is, d. w. z. in eene verbinding, waaruit zij niet is los te maken en waaruit zij alleen bij niet omkeerbare dissociatie in minder samengestelde moleculen overgaat zonder zich af te zonderen. Het is dus slechts oneigenlijk, wanneer Pasteur spreekt van het *ontleenen* van zuurstof aan andere stoffen, ten behoeve van het leven, in tegenstelling van het *rechtstreeksch* opnemen van zuurstof, want in het eerste geval is er van het opnemen van zuurstof eigenlijk geene sprake: hij bedoelt volstrekt niet, dat bij den levensvorm „anaërobie” door dissociatie vrije zuurstof zou worden verkregen.

Tegen de voorstelling, dat de anaërobie een levensvorm zou zijn zonder verbruik van zuurstof, pleiten overigens de uitkomsten der merkwaardige proeven, die Prof. J. W. Gunning 1) genomen heeft. Hij heeft nl. — hoewel erkennende, dat er geen middel bekend is om vast te stellen, dat eene ruimte *volkomen* vrij van zuurstof is — een nog gevoeliger reactief op vrije zuurstof, dan het lichten van phosphor, gevonden in de blauwkleuring van versch neergeslagen ferrosoferrocyaan en heeft met behulp van dat gevoeligste herkenningmiddel zuurstof aangetoond

1) Verslagen en mededeelingen der Kon. Akademie van Wetenschappen, afd. Natuurkunde, 2^e reeks, XII, 1878, bladz. 310.

in ruimten, die, naar men geloofde, volkomen zuurstofvrij waren en dagen en weken achtereen van sterk reducerende stoffen en zuurstof-opslorpemde middelen voorzien waren gebleven. De reagentiën en mediën, die men gewoonlijk voor zuurstofvrij houdt, zijn het dus niet; zij bevatten integendeel in den regel nog zuurstof genoeg voor bacteriënleven. In een groot aantal proefnemingen, waarbij voor rotting vatbare stoffen van allerlei aard, in natuurlijke toestand en bovendien opzettelijk geïnfecteerd, met minimale sporen van zuurstof in toegesmolten glazen buizen bij broeitemperatuur gedurende maanden en zelfs tot 1½ jaar lang werden bewaard, heeft G u n n i n g nooit andere als aanvankelijke, doch meer of minder spoedig eindigende, rottingsverschijnselen waargenomen, die opgevolgd zijn door een toestand van volkomene scheikundige en biologische rust, aan welke geen einde te zien is, en op grond daarvan ontkent hij althans voor de rotting, dat dit proces op anaërobie, op bacteriënleven zonder vrije zuurstof, berust.

Op de levende vormen, die gedissociëerde zuurstof opnemen en vastleggen, is alzoo de anaërobie in den zin van Pasteur niet van toepassing. Maar in welke andere richting kan dan de verklaring van het vreemde feit gevonden worden? Misschien kunnen analoge werkingen eenig licht geven.

Aan de werking van ozon, die trouwens zelve niet verklaard is, kan niet gedacht worden, want het ozon is o. a. ook voor de trilhaarcel een sterk vergift: het doodt zéér spoedig en *blijvend*; bij het door ozon tot stilstand gebrachte trilhaar kan geen terugkeer der beweging worden verkregen. 1)

1) Zie de waarnemingen van A b r a h a m s z in het „Nederlandsch archief voor genees- en natuurkunde, V, 1870, pag 444.

Is er eenige opheldering te verkrijgen uit de werking van het peroxydum hydrogenii? Paul Guttman's onderzoeken over de physiologische werking van deze stof 1) hebben geleerd, dat het peroxydum hydrogenii voor dieren bij onderhuidsche aanwending zeer schadelijk en zelfs doodelijk worden kan door het ontwikkelen van vrije zuurstof. Tevens vond hij, dat het de rotting en de gisting tegengaat.

Later heeft Paul Regnard den invloed dier stof nader onderzocht. 2) Hij stelde zich voor na te gaan, of hetgeen Paul Bert had medegedeeld ten aanzien der werking van zuurstofgas onder hooge spanning op levende wezens ook doorging voor stoffen, die het oxygenium als 't ware voortdurend in spanning en in statu nascenti bevatten, en hij koos daartoe in de eerste plaats het peroxyde van waterstof, aqua oxygenata. Even als Paul Bert deed hij alzoo proeven op zetmeel, suiker met versche biergist, op zeer goedkoop rooden wijn, op melk, wit van ei, eidooier, eiwitachtige stof uit eene leverkyste, gistwater met suiker, gekookt zetmeel met speeksel of met pancreassap, kersen en eindelijk ook op dieren. Zijne uitkomsten waren zonder eenige uitzondering volkomen gelijk aan de door Paul Bert verkregene en op grond daarvan spreekt hij zelfs het vermoeden uit, zonder daarvoor echter gronden bij te brengen, dat de werking van zuurstofgas onder hooge spanning misschien aan het ontstaan van H_2O_2 onder den invloed der spanning moet worden toegeschreven. Ter loops deelde hij ook nog mede, dat in de met een weinig aqua oxygenata door hem bedeelde versche kersen alcohol zich gevormd heeft. — Bij al

1) Virchow's Archiv, LXXIII, 1878, pag. 23, en LXXV, 1879, pag. 255.

2) Gazette médicale de Paris, LI. 1880, II, pag. 358.

zijne proeven gebruikte hij eenige droppels eener oplossing van ongeveer 1 cM³ aqua oxygenata in 100 grm. water.

Aan het slot zijner mededeeling stelde Regnard de vraag: „comment agit l'eau oxygénée” en antwoordde hij: „elle agit *temporairement*, car, dès qu'elle a disparu du „liquide en expérience, le liquide se putréfie ou fermente.” Op onze beurt moesten we echter daarop de vraag laten volgen, of de met H₂O₂ in aanraking gebrachte bacteriën en microphyten door deze stof dan niet *gedood* werden, dan wel of er nieuwe vormen bijgekomen waren. Immers, in den aanhef zijner mededeeling omschreef Regnard de door Paul Bert voor zuurstof onder hooge spanning geconstateerde werking, die volgens hem (Regnard) ook aan H₂O₂ toekomt, aldus: „l'oxygène sous tension arrête *instantanément* toutes les fermentations dues à des ferments figurés, tandis qu'il laisse intacte l'action des ferments solubles. Il *tue* les bactéries et les microphytes; il est sans action sur le ferment salivaire, le ferment pancréatique, etc”

Om dit na te gaan hebben wij proeven genomen met bacteriën, flagellaten, trilharen en kikvorschenharten, die wij aan de werking van een of meer droppels eener slappe (slechts 1 à 2% zuurstof ontwikkelende) oplossing van H₂O₂ blootstelden.

Kort na de bijmenging van die droppels had er eene ontwikkeling van zuurstof-bellen op het levende weefsel plaats.

Bacteriën, ontleend hetzij aan een hooi-aftreksel, hetzij aan een aftreksel van stukjes pancreas-klier, verloren hunne levendige beweging onmiddellijk na het bijvoegen van een druppel der slappe oplossing van H₂O₂; wat er aan beweging overbleef, kon van moleculair-beweging niet onderscheiden worden. Werd het praeparaat daarna aan de lucht blootgesteld, dan keerde de beweging niet terug.

Talrijke exemplaren van *Chlamydomonas pulvisculus*, die zich in een waterdruppel zeer levendig bewogen, verloren hunne beweging onmiddellijk en blijvend na het bijvoegen van een druppel der slappe oplossing van H_2O_2 ; hetzelfde gebeurde ook na het gebruik van nog veel slappere oplossing.

Bij de proeven met trilhaarcellen (ontleend ook aan de oester, doch meestal aan het gehemelte van kikvorschen) werden altijd contrôle-praeparaten gemaakt, zoodat een stukje van het uitgeknipte weefsel in $\frac{1}{100}$ Cl Na en een ander stukje in een gelijkdeelig mengsel van oplossingen van $\frac{1}{50}$ Cl Na en 1% H_2O_2 konden waargenomen worden; ook werden oplossingen van $\frac{1}{200}$ Cl Na en van gelijke deelen aqua oxygenata en $\frac{1}{100}$ Cl Na gebruikt. Na eenige, gewoonlijk ongeveer 10, minuten begon de levendige beweging van het met H_2O_2 in aanraking gebrachte trilhaar te vertragen en werd hier en daar zelfs stilstand verkregen; na een drietal uren was in de meeste praeparaten al het trilhaar tot rust gekomen; slechts bij uitzondering vertoonden enkele praeparaten op dat tijdstip nog een spoor van beweging. Werd vóór dien tijd het praeparaat uitgespoeld met $\frac{1}{100}$ of $\frac{1}{200}$ ClNa, dan herstelde zich in enkele gevallen de beweging weer volkomen, maar bleef deze in andere toch allengs verminderen. De einduitkomst was, dat bij alle proeven door het in aanraking brengen van trilhaar met H_2O_2 ten slotte toch stilstand der beweging verkregen werd lang vóóradat de trilbeweging in de resp. contrôle-praeparaten begon te vertragen.

De proeven aangaande de werking van H_2O_2 op het kikvorschenhart werden genomen onmiddellijk nadat de holten van dit orgaan door het inspuiten van $\frac{1}{200}$ Cl Na van bloed bevrijd waren; de hartslagen werden daarna

nauwkeurig geteld en het hart vervolgens in een bad van $\frac{1}{100}$ ClNa en een gelijk volumen der slappe oplossing van H_2O_2 gelegd. De hartslagen werden daardoor nu eens iets menigvuldiger, dan weder iets zeldzamer, terwijl na 5 à 6 minuten bellen zuurstofgas aan de randen van het hart en vooral aan de vliezige aanhangels zich begonnen te vertoonen. Werd het hart na 12 à 15 minuten uit het vermelde bad voorzichtig overgebracht in een bad van $\frac{1}{200}$ ClNa, dan werd het getal zijner samentrekkingen in gelijken tijd soms verdubbeld, maar waren de contractiën zelven veel kleiner; eene nieuwe indompeling van het hart in het eerstbedoelde bad was daarna voldoende om het hart binnen weinige minuten te doodden. De uitkomst was dus ook hier: betrekkelijk snelle dood van het hart na de inwerking van H_2O . — Het scheen wenschelijk nu ook na te gaan, welk gevolg het blootstellen van het met $\frac{1}{200}$ ClNa uitgespotene kikvorschenhart aan de werking van zuurstofgas onder hooge spanning in de gaskamer van den boven beschrevenen toestel zou vertoonen. De waarneming leerde, dat op het stroomen van zuurstofgas onder 1 atm. spanning door de gaskamer eene geringe toeneming van de menigvuldigheid der hartslagen volgde en dat ook het verhoogen van de drukking tot 10 atm. soortgelijke toeneming veroorzaakte. Twee en twintig minuten na de eerste inwerking van het zuurstofgas kon deze hooge spanning weder tot op die van 1 atm. verminderd en na een nieuw tijdsverloop van 12 minuten weder in de gaskamer teruggebracht worden, zonder dat de hartcontractiën daarvan een ander gevolg vertoonden als eene geringe schommeling in hare menigvuldigheid en onder de hoogste spanning ook eenige onregelmatigheid. Een en veertig minuten na de eerste inwerking van het zuur-

stofgas daalde echter het getal der contractiën (onder 10 atm. spanning) plotseling tot op de helft. De spanning werd nu tot die van 1 atm. teruggebracht en in 10 minuten was de vroegere menigvuldigheid weder genoeg bereikt; daarna werd de spanning weder tot 10 atm. verhoogd en binnen 2 minuten was het getal hartslagen andermaal tot op de helft gedaald; vermindering van de spanning tot op die van 1 atm. leidde alweder, ditmaal in 6 minuten, tot verdubbeling van het getal hartslagen in denzelfden tijd.

De uitkomst van onze proeven aangaande de werking van H_2O_2 op bacteriën, flagellaten, trilharen en kikvorschenharten, geeft alzoo geen grond om met Paul Regnard die werking „absolument semblable” aan de werking van zuurstofgas onder hooge spanning te achten.

Na overweging van een en ander schijnt er betreffende eene voorstelling van het *wezen* der werking van zuurstof onder hooge spanning op levende grondvormen, weefsels en wezens, wel niet anders te mogen overblijven als het vermoeden van de vorming eener verbinding, die niet dissocieert en alzoo het voortduren van het leven onmogelijk maakt. Aan het geven van eene *verklaring* zal wel niet kunnen worden gedacht, voordat men dieper doorgedrongen is in de kennis van het chemisch proces, waarvan de levende contractie afhankelijk is. In weerwil der merkwaardige proeve van verklaring van Pflüger 1) zijn wij thans nog verre daarvan verwijderd te weten, welk verschil er is tusschen levende en afgestorvene stof, of te begrijpen welke plaats de zuurstof inneemt in de molecule, die vatbaar blijkt te zijn voor de dissociatie des levens.

1) Archiv für die gesammte Physiologie, X, pag. 251.

Ten slotte moge hier nog worden gewezen op het sedert lang bekende feit, dat phosphorus in zuurstof van hoogere spanning ophoudt te lichten. In het diarium van het physiologisch laboratorium (April 1877) teekende Prof. Donders dienaangaande het volgende op. „Een stukje phosphorus, in eene gaskamer blootgesteld aan de werking van zuurstof onder 1 atm. spanning, bleef lichten, maar het lichten werd allengs flauwer, naarmate de spanning toenam en het hield bij 2 atm. spanning geheel op. Liet men nu *onmiddellijk* de spanning dalen, dan begon het lichten weer plotseling en met nagenoeg de normale sterkte, zoodra de drukking tot omstreeks 1 atm. gedaald was. Wachtte men langer, dan verliepen na het bereiken der spanning van 1 atm. eenige minuten, voordat het lichten weer begon. Maar wanneer de spanning langeren tijd op $4\frac{1}{2}$ atm. gehouden was en daarna snel tot die van 1 atm. werd teruggebracht, keerde het lichten zelfs na $1\frac{1}{2}$ uur nog niet terug en zag men het eerst ongeveer $\frac{1}{2}$ uur, nadat het stukje phosphorus ook buiten de gaskamer was gebracht. In het uitwendige voorkomen van de stof was bij het uitnemen uit de kamer geen verandering te bespeuren.”

Hieruit schijnt te volgen, dat bij hooge spanning aan de oppervlakte een laagje ontstaat, dat het toetreden der zuurstof tot den phosphorus tijdelijk belet. 't Verdient zeker een nader onderzoek, welken invloed zuurstof onder hooge spanning op het ontstaan van verschillende zuurstofverbindingen uitoefent.

