



Over luchtademing van *Carcinus moenas*

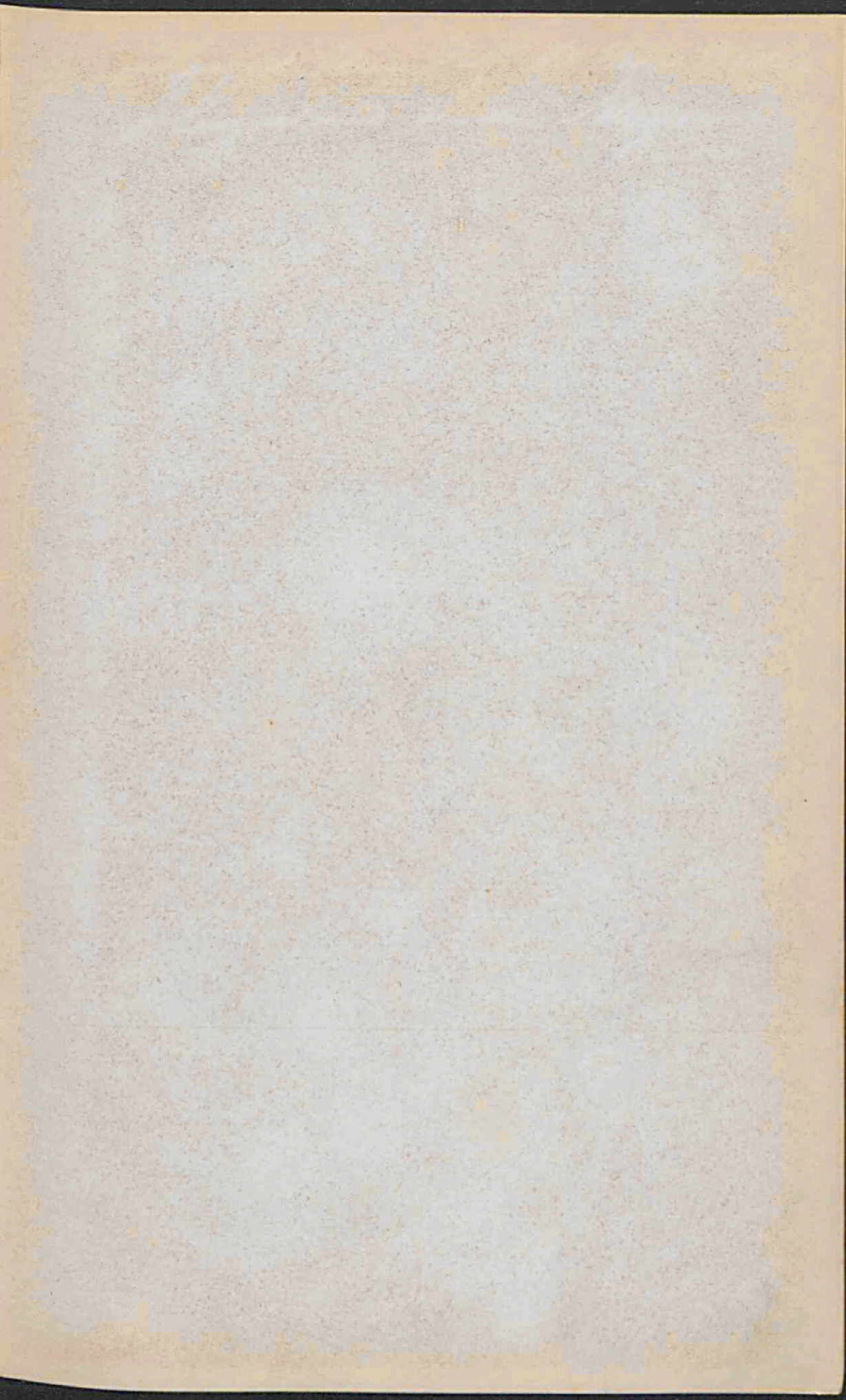
<https://hdl.handle.net/1874/248925>

A 40192
Phyp
1870



recht
8

Laagzel. Heer Prof. Dr. Wefers Bettink
Laagachtend van den Schryver



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

Over Luchtademing van Carcinus Moenas.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

OVER LUCHTADEMING VAN CARCINUS MOENAS.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD

VAN

Doctor in de Wis- en Natuurkunde,

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT,

NA MACTIGING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. N. B E E T S ,

HOOGLEERAAR IN DE THEOLOGISCHE FACULTEIT,

MET TOESTEMMING VAN DEN SENAAAT DER UNIVERSITEIT,

EN

VOLGENS BESLUIT DER WIS- EN NATUURKUNDIGE FACULTEIT,

TE VERDEDIGEN

op ZATERDAG 13 JULI 1878, des namiddags ten 2 ure,

DOOR

JACOB VAN REES,

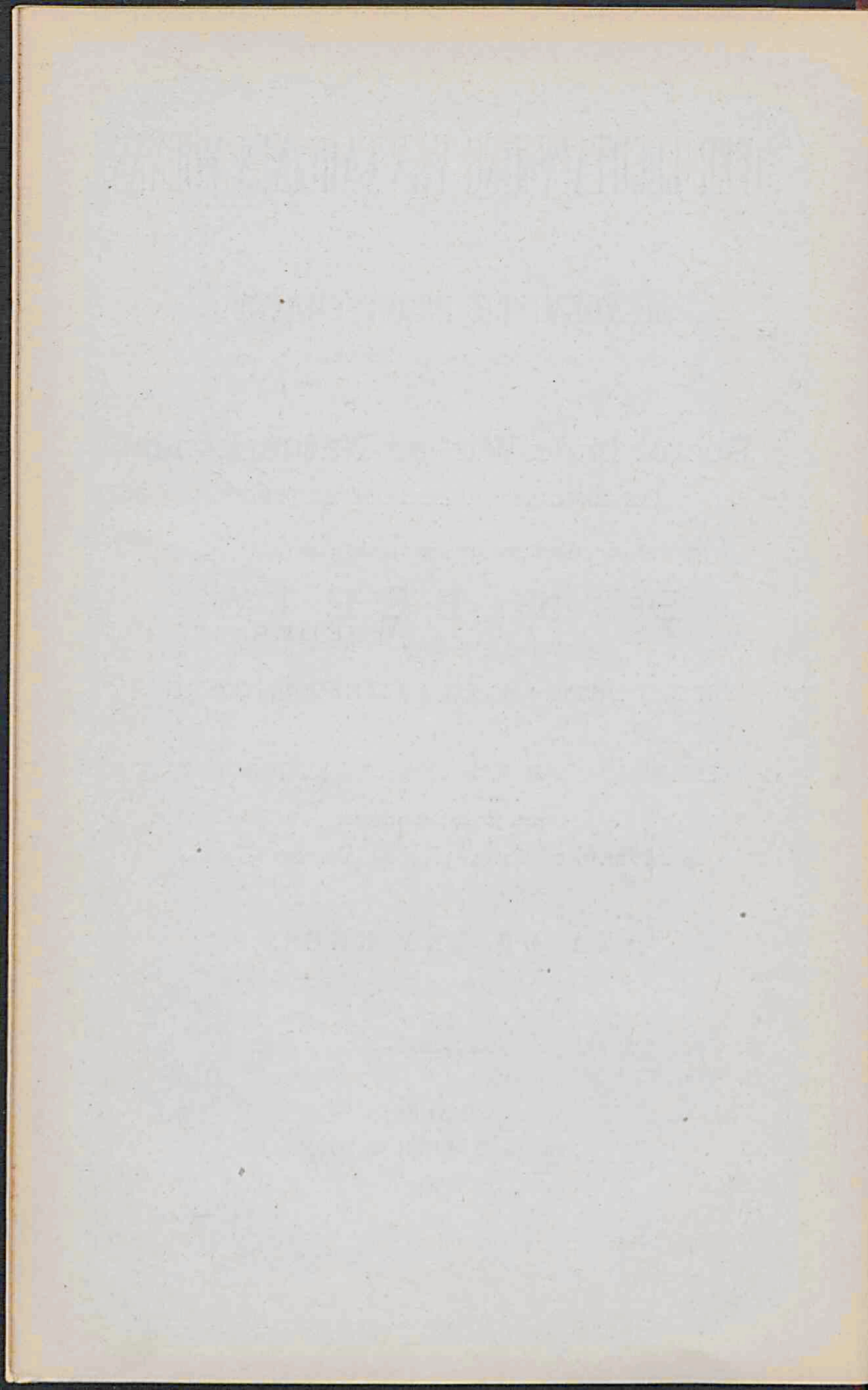
GEBOREN TE UTRECHT.



UTRECHT,

Firma L. E. BOSCH EN ZOON,

1878.



AAN MIJNE MOEDER.

VOORWOORD.

Naar aanleiding van een onderzoek van Jobert omtrent de luchtademhaling van eenige Landkrabben van Rio-Janeiro, werd mijn aandacht gevestigd op het verschijnsel, dat ook bij *Carcinus Moenas* onder bepaalde omstandigheden lucht door de kieuwholte gevoerd wordt, en dat dit niet alleen buiten het water, maar zelfs bij halve onderdompeling geschiedt. Een onderzoek der kieuwholte leerde, dat hier van een luchtademingsorgaan, zooals het door het onderzoek van Jobert bij Landkrabben en eveneens door Semper bij *Birgus latro* was aangetoond, geen sprake was. Intusschen was bij mij het verlangen ontstaan de luchtademing van *C. M.* nader te leeren kennen en na *te gaan, welke beteekenis daaraan moest worden toegekend.* Zoo kwam ik tot een onderzoek, waarvan de resultaten in de volgende bladzijden zijn neergelegd.

Ik zou hier kunnen eindigen, ware het niet, dat ik behoefte had mijn oprechten dank uit te spreken jegens

alle Hoogleraren wier onderwijs en leiding mij aan deze Hoogeschool is ten deel gevallen. Hoewel ik levendig gevoel, dat niet woorden in staat zijn te bewijzen, dat ik van dankbaarheid jegens hen vervuld ben, zoo verheug ik er mij toch in, hiervan op deze plaats openlijk te mogen getuigen.

Aan U, hooggeachte Engelmann, heb ik inzonderheid veel te danken; ik acht het een der grootste voorrechten van mijn verblijf aan deze Hoogeschool, dat ik onder uw bijzondere leiding een tijd lang mocht werken.

Eindelijk een woord van dank aan U, geliefde leermeester en Promotor, Hooggeleerde Harting, aan wien ik de grootste verplichtingen heb. Aan uw lessen, aan den omgang met U ben ik een groot deel van mijn vorming verschuldigd. Gij hebt mijn liefde voor de levende natuur geleid en aangewakkerd tot liefde voor die wetenschap, waaraan ik mijn leven hoop te wijden. Ook uw hooggewaardeerde leiding en hulp bij dit onderzoek zal ik steeds op prijs stellen. Mijn streven zal het zijn, mij in mijn verderen levensloop geen onwaardig leerling van U te betoonen.

I N H O U D.

I. INLEIDING.

	Blz.
Landdecapoden	1—13
Eigenaardige mechanismen voor de ademhaling buiten het water	2—3
Geoffroy St. Hilaire meent in de kieuwholte een long te ontdekken	4
Milne Edwards bestrijdt dit op anatomische gronden	5
en door proefneming	6
Jobert's onderzoek van <i>Uca una</i>	7—9
Semper's onderzoek van <i>Birgus latro</i>	9—10
Het ademhalingsorgaan is noch long, noch kieuw	11—13
Zeedecapoden hebben alleen kieuwen, waarmede ze echter ook lucht ademen	14
Bij <i>Carcinus Moenas</i> is dit het krachtigst, wordt aldaar een luchtademhaling	15—16
Kieuwholte en ademhalingsmotor	17—18
Deze ademhaling uitsluitend bij <i>Carcinus Moenas</i>	19—20
Is deze ademhaling voldoende?	21
Wat hiervoor pleit	22—23
Alleen een onderzoek der uitademingsgassen kan dit uitmaken	24—25

II. PROEFNEMINGEN.

	Blz.
Eerste methode: het gas onmiddelijk op te vangen . . .	26—30
Deze methode onnauwkeurig	29—30
Tweede methode: die van Jolyet en Regnard	31—32
Deze methode voor mijn doel te samengesteld en te kostbaar	32
Derde methode: volgens Voit en Pettenkofer	33—34
Deze methode het doelmatigst	34
Beschrijving van het klokje, waarin de krab bij de proef geplaatst wordt	35—36
Beschrijving van den overigen toestel	37—40
Voorzorgen bij de proefneming genomen	41—42
Beschrijving van een bepaalde proef	43—46
Wat de proeven in de eerste plaats leeren	47—48
Verskil in de uitkomsten der onderscheiden proeven .	48—50
Vergelijking met de uitkomsten van andere onderzoekingen	51—52
Besluit	53—54
STELLINGEN.	55—60

I.

INLEIDING.

Reeds lang heeft het de aandacht getrokken, dat een aantal Decapode Crustaceën uit de heete streken, voornamelijk Brachyuren, in hun levenswijs een sterke tegenstelling met de meerderheid vormen ¹⁾. Terwijl deze laatsten geheel aan een verblijf in het water gebonden zijn, leven de eerstgenoemden meestentijds of zelfs uitsluitend ²⁾ op het land; *Gelasimus vocans* van Brazilië houdt zich bij voorkeur in moerassige streken op; soorten van de geslachten *Sesarma* en *Cyclograpsus* leven in gaten in het vochtige strand, soorten van *Ocypoda* des zomers eveneens, terwijl ze des winters verder binnenslands een geschikt terrein voor

1) Milne Edwards. *Histoire Naturelle des Crustacés*, 1834—1840. Fritz Müller. *Für Darwin*, 1864.

2) Deze uitdrukking van Fritz Müller (l. c. blz. 20) zal wel in dien zin moeten worden opgevat, dat de tijd van eierleggen daar niet onder begrepen wordt.

hunne 3—4 voet diepe holen zoeken. De geslachten *Telphusa* en *Boscia* worden aan de oevers van rivieren aangetroffen. Een kleine, door Fritz Müller waargenomen *Gelasimus* is zelfs „niet bevreesd onder de loodrechte middagzon van een Decemberdag ¹⁾ in het gloeiend zand rond te dwalen”. *Grapsus*-soorten klauteren op de strandrotsen rond, *Aratus Pisonii* op Amandelstruiken, *Ranina* zelfs op huisdaken, terwijl de *Gecarcinidae* hunne gaten in soms ver van zee verwijderde bosschen graven, welke zij slechts eens in 't jaar verlaten om hunne eieren in zee te brengen; eindelijk is het bekend dat ook *Birgus latro*, een *Macrura*, op het land leeft en 's nachts palmboomen beklimt.

Terwijl nu bij al deze soorten de ademing door de kieuwen is blijven bestaan, zoo hebben toch met de verandering in levenswijze, veranderingen in het maaksel der organen, die tot de ademing medewerken, gelijken tred gehouden. De inrichtingen, die bij deze soorten de kieuwademing ook buiten het water mogelijk maken, zijn reeds op enkele plaatsen door Milne Edwards in zijn bekend werk over de Crustaceën aangeduid, doch eerst door Fritz Müller in het juiste licht geplaatst. Zij hebben

1) In het Zuidelijk halfmond, derhalve midden in den zomer.

eens deels ten doel de verdamping van het in de kieuwholte bevatte water tegen te gaan en tevens de gaswisseling in deze tamelijk van de buitenlucht afgesloten watermassa te onderhouden; zóó bij *Sesarma* en *Cyclograpsus*, waar het water, dat uit de kieuwholte door de naast de mondspleet gelegen openingen naar buiten treedt, niet afvloeit, maar ter weerszijde, langs een net van kleine knobbeltjes en knievormig omgebogen haren, weer naar de kieuwholtespleet boven het eerste pootenpaar gevoerd wordt, waar het rijker aan zuurstof, armer aan koolzuur, weer in de kieuwholte treedt. Anderdeels strekken zij tot een gemakkelijker toetreden van lucht in de kieuwholte zelve, doordat het rugschild van achteren opgelicht kan worden en aldus een groote spleet ontsloten wordt, die tot de kieuwholte toegang verleent, zooals bij *Aratus Pisonii* en bij een *Grapsus*-soort werd waargenomen. Eveneens zag Fritz Müller bij *Sesarma* en *Cyclograpsus* dit verschijnsel optreden, toen hun watervoorraad ten einde was. Het zou mij te ver voeren ook nog over de samengestelde inrichtingen te spreken, die bij de geslachten *Ocypoda* en *Gelasimus* voorkomen om, bij het verblijf in het drooge zand, den ingang tot de kieuwholte tegen indringende zandkorrels te beschermen.

In hoever de ademhalingsorganen zelve en de

kieuwholte wijzigingen vertoonen, vermeldt Fritz Müller niet, daar deze vraag voor het doel, dat hij zich stelde, van minder beteekenis was. Er was evenwel reeds door Geoffroy St. Hilaire ¹⁾ op gewezen, dat de hypodermis, die het dak vormt van de kieuwholte — bekleedende van binnen de kieuwstreek van het rug-schild — bij deze Landdecapoden een zeer sponsachtig, viltig aanzien heeft, in tegenstelling met hetgeen bij de anderen aangetroffen wordt, waar het zich nauwelijks van de hypodermis op de andere plaatsen van het lichaam onderscheidt. Buitendien had men opgemerkt, dat de kieuwen in vele gevallen aanmerkelijk kleiner, soms ook in aantal geringer geworden waren, dat de ruimte der kieuwholte daarentegen niet onbelangrijk vergroot was. Geoffroy St. Hilaire meende in het gewijzigde, de kieuwholte van boven en zijdelings begrenzend orgaan een long te ontdekken, die tot de luchtademing in staat stelde. Milne Edward deelde dit gevoelen niet. „En admettant que cette portion de la peau qui tapisse la paroi supérieure de la cavité respiratoire et recouvre les branchies, puisse servir à la respiration, il serait donc plutôt comme une branchie supplémentaire que

1) Nl. in een mededeeling aan de Academie royale des Sciences, den 12den en 19den September 1828.

comme un poumon qu'il faudrait la considérer" ¹⁾. M. Edwards zag in het gewijzigde maaksel van de ademhalingsholte niets dan een middel om de kieuwen bij het langs strijken der lucht tegen te snel vochtverlies te beveiligen, hetzij het spongieuse maaksel van het bedekkende orgaan hiertoe alleen medewerkt, hetzij er tevens door plooivorming daarvan een soort van gleuf ontstaan is, waarin het water een tijd lang kan bewaard blijven.

Het komt mij vreemd voor, dat Milne Edwards met deze opvatting meer vrede kon hebben, dan met die van Geoffroy St. Hilaire. Zijn bezwaar om het bestreden orgaan een long te noemen, bestond hierin, dat het geen ingestulpt orgaan was, derhalve het waterverlies niet tot een minimum was teruggebracht. Doch hij meent, dat het orgaan te veel aan uitdrooging is blootgesteld, om tot ademingsorgaan in 't algemeen te kunnen dienen; dit blijkt uit hetgeen op het reeds geciteerde onmiddelijk volgt: „son existence (nl. het bestaan van een bijkomende kieuw) ne lèverait aucune des difficultés qu'on rencontre dans l'explication des phénomènes dont nous avons parlé plus haut" (t. w. de verklaring van het feit, dat de Landkrabben in de lucht leven kunnen). Verliest

1) M. Edw., l. c. DL I, blz. 92.

dit orgaan nu het geïmbibeerde water te snel om voor de ademing geschikt te zijn, hoe kan het dan een hoofdrol spelen om het waterverlies in de kieuwholte tegen te gaan?

Met zijne losse vermoedens aangaande de ademhaling der Landdecapoden was Milne Edwards echter niet tevreden, zoodat hij trachtte langs den weg der proefneming een vasten grondslag voor zijn meening te verkrijgen ¹⁾. Indien hij aantoonen kon dat Decapoden, waar zulk een natuurlijke bescherming tegen het waterverlies niet aanwezig is, in de lucht toch een tijd lang kunnen voortleven, indien men slechts kunstmatig de snelle uitdrooging tegen gaat, zoo meende hij de kwestie opgelost te hebben. Hij experimenteerde met *Homarus* en andere Makruren en vond dat de dieren in een voortdurend vochtig gehouden ruimte 2—3 dagen konden blijven leven, terwijl zij in een bepaalde hoeveelheid water veel eerder stierven, en wel zoodra zij de daarin opgeloste zuurstof verbruikt hadden. In lucht, die bij voortdurend droog gehouden werd, stierven ze eveneens, en wel binnen 6—8 uren, 't geen trouwens

1) De resultaten van de door Milne Edwards genomen proeven zijn te vinden in de *Annales des sciences naturelles*; Serie I T. 15, blz. 85—91.

geen verwondering baart. Met deze proefnemingen hield Milne Edwards de zaak ook voor de Landdecapoden beslist. In de algemeene meening bleef zij dit ook tot voor korten tijd, toen Jobert ¹⁾ en Semper ²⁾, onafhankelijk van elkander, het maaksel der ademhalingsorganen van eenige Landdecapoden onderzochten en beschreven. Eerstgenoemde bestudeerde in dit opzicht eenige der Landkrabben van Rio-Janeiro, o. a. *Uca una*, een *Gelasimus*, een *Grapsus*. Het resultaat, waartoe zijn onderzoek geleid heeft, is in hoofdzaak het volgende.

De kieuwstreek van het rugschild is ter weerszijde zeer gewelfd. Het inwendige, weeke, grijsachtige bekleedsel daarvan, dat de kieuwholte van boven en ter zijde begrenst, het homologon van de hypodermis, zet zich tevens voort in een verticaal, in de lengte-richting verloopend tusschenschot, dat zich uitstrekt tusschen het rugschild en het meest naar binnen gelegen gedeelte van het inwendig gelegen thorax-skelet (*la voûte des flancs*, M. Edw.), en de lichaamsholte van de kieuwholte scheidt. Een eigenaardige naar het

1) Jobert, Recherches sur l'appareil respiratoire et le mode de respiration de certains Crustacés Brachyures (Crabes terrestres). Annales des Sciences naturelles, Série VI, Zoöl., Tome IV, 1876.

2) C. Semper, Ueber die Lunge von *Birgus latro*. Zeitschr. f. wissensch. Zoöl., Bd. XXX, 1878, blz. 282—287.

buitenvlak sterk uitspringende aanzwelling doet zich aan dit tusschenschot voor. Een injectie van uit een vóór in 't lichaam gelegen sinus deed een zeer fijn vaatnet kennen, zich uitbreidende over al de weeke bekleedselen der kieuwholte; drie vaten vertakken zich in het verticale tusschenschot; een ander groot vat in het zijdelingsche bekleedsel ¹⁾; nog een ander in de gootvormige plooï, die het bekleedende orgaan aan den rand van het rugschild maakt. De uit de vertakkingen voortkomende capillaria loopen uit in kleine, onregelmatig veelhoekige lacunen, waaruit weer kleine vaten ontspringen, die zich ten slotte tot eenige grootere vereenigen, welke langs verschillende wegen zich in een achter in het lichaam, boven de basis van het laatste paar pooten, gelegen sinus uitstorten, die het tusschenschot doorboort en in den pericardiaal-sinus uitmondt.

Behalve het gewone paar inademingsopeningen boven het eerste paar pooten, komt er nog één vrij groot voor, tusschen het 3^{de} en 4^{de} paar pooten en nog eenige kleineren, meer naar achteren gelegen.

Ten slotte vermeldt Jobert, dat het mechanisme

1) Ik moet bekennen den schrijver, die aan de beschrijving van zijn onderzoek geen afbeeldingen heeft toegevoegd, niet altijd te begrijpen; het bewuste vat „chemine dans l'angle de réunion de la voûte de la carapace et de la paroi latérale”.

van in- en uitademing te zoeken is in het dwarse tusschenschot, staande onder directen invloed van het hart. Deze bewering komt mij voor minstens zeer gewaagd te zijn. Zonder twijfel zal ook hier die taak zijn weggelegd voor het verbrede aanhangsel van het tweede paar kaken; ik mag hierbij echter niet langer stilstaan.

Het gewichtige feit, hetwelk ons dit onderzoek van *Uca una* door Jobert doet kennen, is dit: dat zich aldaar, afgescheiden van de kieuwen, uit de hypodermis, die de kieuwholte begrenst, een orgaan ontwikkeld heeft, dat zonder den minsten twijfel als ademhalingsorgaan moet worden opgevat. Immers terwijl elders het bloed, dat de hypodermis doorstroomde, zich naar een lichaams-sinus en vervolgens naar de kieuwen begeeft, bereikt hier het uit-tredende bloed het hart zonder tussenkomst der kieuwen.

Met dit resultaat is Semper's onderzoek van *Birgus latro* volkomen in overeenstemming, hoewel de bijzonderheden verschillen. De ademhalingsholte bestaat bij dit dier uit twee afdeelingen, die slechts door een smalle spleet samenhangen, daar de onderrand van het rug-schild zich naar binnen, schuin naar boven, om-buigt, tot dicht aan een vooruitspringende lijst van het thorax-skelet; de kleine benedenste holte bevat de kleine

kieuwen, de bovenste is bijna over zijn gansche oppervlakte met het bewuste ademhalingsorgaan bekleed, welks vrije oppervlakte dicht bezet is met kleine boomvormig vertakte uitwassen.

Ook in dit orgaan is een zeer uitgebreid vaatnet ontwikkeld. Uit het kopgedeelte van den cephalo-thorax treedt een groot vat, dat zich snel in vier takken splitst, waarvan één zich over den bodem van deze ademholte, drie zich over haar dak verspreiden; de fijne vertakkingen gaan over in een lacunenstelsel, dat zich in alle boomachtige uitwassen (door Semper „Respirationsbäumchen” genoemd) verbreidt, waar ze tot dicht aan het epithelium doordringen, om zich vervolgens weer te vereenigen in een grooten stam, gelegen in den hoek, waar het rugschild zich naar binnen ombuigt. Dit vat stort zich in den pericardiaal-sinus, neemt echter te voren de kieuwader in zich op.

Derhalve ook hier treedt het bloed uit het besproken orgaan in het hart, zonder te voren door de kieuwen te vloeijen en is daardoor zonder den geringsten twijfel tot ademingsorgaan gestempeld.

Jobert noemt dit orgaan een long, Semper geeft dezen naam aan de geheele met het bewuste orgaan gedeeltelijk bekleede bovenste afdeeling der ademhalingsholte. Streng genomen zou het dezen naam

echter evenmin mogen dragen, als dien van hulpkieuw, waarvan Milne Edwards spreekt. Met de meening des laatsten strijden de opgaven, zoowel van Jobert als van Semper, dat de ademhalingsholte steeds met lucht gevuld is, die van Uca una zelfs na drie dagen ondergedompeld te zijn geweest, hetgeen zich ten opzichte van een ademing uitsluitend door kieuwen moeielijk zou laten verklaren. Aan de andere zijde mag het niet vergeten worden, dat de Landkrabben tot een zekere mate nog aan een vochtige omgeving gebonden zijn. Velen zijn nachtroofdieren, overdag in hunne vochtige, gesloten gaten verborgen, waaruit ze niet eer te voorschijn komen, voordat het gevaar van uitdrooging hunner kieuwholte aanmerkelijk kleiner geworden is; aldus de Gecarcinidae, wier bekende scharenwijze tochten naar zee alleen des nachts en gedurende den regentijd plaats hebben; zóó ook de het strand bewonende Ocypoda, die zich tegen het eind van Oktober meer binnen in 't land een gat graaft en dit boven zich sluit, om het den ganschen winter (in die streek zomer) niet meer te verlaten. Van anderen, die zich bij voorkeur op het land bevinden, is het tevens bekend dat zij ook in zee voorkomen; van den zelfden kleinen Gelasimus o. a., die gaarne in 't gloeiende zand ronddooft, deelt Fritz Müller mede, dat hij verscheiden

weken in het water blijft leven, een bewijs, dat hij nog niet ontwend is de zee nu en dan te bezoeken. Het blijkt dus een eerste levensvoorwaarde voor de Landdecapoden te zijn, dat zij òf nu en dan hunne ademhalingsholte met zeewater vullen, òf deze tegen verdamping vrijwaren. Het besproken ademhalingsorgaan blijkt derhalve het vermogen niet te bezitten een hoeveelheid vocht af te scheiden, voldoende voor de gewone levensomstandigheden van een door longen ademend dier, voorziende in het aan de ademing in droogere lucht onafscheidelijk verbonden vochtverlies ¹⁾. Het bewuste orgaan staat in bouw, evenals in functie, min of meer tusschen een long en een kieuw in; buiten staat op grond van zijn eigen maaksel (zooals een ingestulpt orgaan, met zeer groote inwendige oppervlakte) zich tegen uitdrooging te beschermen, evenmin in staat aan het water een ge-

1) Men zou de opmerking kunnen maken, dat de behoefte aan een gering vochtverlies uit de ademhalingsholte wellicht alleen het normaal blijven der kieuwen betrof.

Ik zou echter betwijfelen of de aanwezigheid der kieuwen bij deze vormen voor de ademhaling waarlijk nog noodzakelijk zoude zijn; ja zelfs zou men kunnen vragen of hun volkomen verdwijnen eenig bezwaar voor den bloedsomloop zou opleveren en of de hier aanwezige kieuwen — niet alleen geringer in grootte, maar ook in aantal — niet inderdaad tot die rudimentaire organen te rekenen zijn, welke op weg zijn om te verdwijnen.

noegzaam ademhalingsoppervlak aan te bieden, is het feit, dat de Landdecapoden bij voorkeur in de lucht leven, de eenige, maar dan ook een voldoende grond om het bewuste orgaan met een long te vergelijken. Morphologisch is het een huidademingsorgaan, vergelijkbaar met de onlangs door Pauly¹⁾ zoo voortreffelijk physiologisch onderzochte „long” der Longslakken. Semper legt in verband met de door hem (evenals door Jobert) aangetoonde veranderde functie in de kieuwholte van *Birgus latro*, bijzonder veel nadruk op het door Pauly aan 't licht gebrachte feit, dat de long van *Limnaeus stagnalis* ook als waterademend orgaan kan optreden; en inderdaad is de eigenaardige plaats tusschen long en kieuw, die het huidademingsorgaan van *Birgus latro* en van de andere Landdecapoden inneemt, met dit feit in merkwaardige overeenstemming.

Het is bekend, dat bij de Zeedecapoden de hypodermis van het kieuwholte dak niets van de eigendommelijkheden bezit, die het bij de besproken soorten tot een ademhalingsorgaan stempelen. Zijn bloed ontvangende uit het voorste paar slagaders, dat buitendien

1) W. Pauly, Ueber die Wasserathmung der Limnaeiden. Von der Universität München gekrönte Preisschrift. München, Verlag von Ernst Stahl. 1877.

verschillende andere deelen voedt, zooals de buitenste sprieten, de maag enz., staat het dit af aan een der lichaams-sinussen, van waar het, na door de kieuwen gestroomd te hebben, den pericardiaal-sinus en vervolgens het hart bereikt.

Hoogstens heeft er derhalve in deze hypodermis een locale ademing plaats, die aan het geheele organisme geen voordeel oplevert, het individu zij ondergedompeld of bevinde zich in vochtige lucht. Dat Homarus en andere Decapoden in gunstige omstandigheden eenige dagen buiten het water kunnen leven ¹⁾, is derhalve, in overeenstemming met de aangehaalde proeven van Milne Edwards, alleen toe te schrijven aan het vermogen hunner kieuwen ook buiten het water met ademen voort te gaan, zoolang de vochtlaag die hen omgeeft daartoe voldoende is, m. a. w. aan het vermogen hunner kieuwen lucht te ademen.

1) Milne Edwards noemt (Hist. Nat. des Crust., T. I. bladz. 93—94) als een der oorzaken van het sterven der Crustaceën buiten het water het samenvallen der kieuwplaatjes en de daaruit voortvloeiende aanmerkelijk verminderde uitgebreidheid van de ademende oppervlakte, zooals dit door Flourens voor de slappe kieuwen der visschen terecht was aangemerkt; bij Crustaceën echter, waar de kieuwdraden en kieuwplaatjes door een dun chitinepantserkje beschermd en gesteund worden, kan dit samenvallen niet zoo sterk plaats hebben en verliest deze opmerking van Milne Edwards derhalve veel van zijn waarde.

In veel sterker graad dan Milne Edwards dit aangaande *Homarus* aangeeft, bezit *Carcinus Moenas* deze eigenschap. Bij dezen neemt zij zelfs een bepaalde plaats tegenover de waterademing in; zij treedt niet alleen op buiten het water, maar zelfs terwijl de waterademing nog mogelijk is, zoodra slechts de voordeelen aan deze laatste verbonden niet meer tegen die der luchtademing opwegen. Dit geval doet zich o. a. voor in een glazen bak, voor 2—3 centimeters met water gevuld, waarin een onvoldoende luchtverversching plaats heeft. Zoodra de in het water opgeloste zuurstof niet meer ruimschoots in de behoefte aan ademing der aanwezige krab voorziet, verheft deze zich, als het ware op zijn achterlichaam, met het kopgedeelte naar boven, in dier voege dat de twee schuin boven de mond-spleet gelegen ademopeningen, waaruit bij de waterademing het water naar buiten vloeit, boven het watervlak uitkomen; door deze openingen wordt dan lucht naar de kieuwholte gevoerd, die weldra uit de ondergedompelde, rechts en links boven het eerste pootenpaar gelegen spleten (inademingsopeningen bij de waterademing) in den vorm van kleine luchtballen naar buiten treedt, en wel, met tusschenpoozen van eenige weinige seconden, telkens 10—20 belletjes ter weerszijde onmiddellijk achter

elkaar. Dit kan uren lang onafgebroken voortduren en treedt onder de gegeven omstandigheden altijd op. Soms komen de luchtbellen weer door dezelfde opening uit de kieuwholte voor den dag, waardoor de lucht is ingeademd, doch dit heeft dan slechts zeer tijdelijk of afwisselend met de andere wijze van uitademing plaats.

Er heeft bij *Carcinus Moenas* derhalve niet slechts luchtademing plaats, evenals bij *Homarus* en anderen, waarvan Milne Edwards spreekt, maar er treedt een luchtademhaling in den beperkten zin van het woord op. De motor hiervan is dezelfde, die bij het ondergedompelde dier het water in beweging brengt, namelijk het verbreedde naar binnen gerichte ahangsel (palp) van het tweede kakenpaar.

Zooals men weet wordt de kieuwholte bij de *Brachyuren* alleen in haar achterste helft van boven en ter zijde door de hypodermis begrensd. Te dier plaatse legt zich van binnen daartegen aan een uiterst dunne, vliezige voortzetting van de schaal en het epithelium, haar matrix; de hypodermis is derhalve aldaar in een plooi van het rugschild bevat, waarvan de buitenste plaat zeer dik, de binnenste zeer dun is. Naar het middenvlak toe hecht zich de vrije rand van het dunne chitinevlies aan den bovenrand van het cephalothorax-skelet; tusschen

deze beiden is, over de geheele lengte, de kieuwholte als een convex-concave ruimte begrepen. Alleen in het achterste gedeelte vormt het chitinevlies nog een kleine plooï, doordat het zich over een kleine uitgestrektheid, die achterwaarts het grootst is, over dit skelet terugslaat.

In de voorste helft is de hypodermis over de geheele breedte door de tusschendringende lever van het chitinevlies gescheiden en neemt eerstgenoemde derhalve geen deel meer aan de begrenzing der kieuwholte. Deze neemt aldaar in hoogte en, nog meer naar voren, langzamerhand ook in breedte aanmerkelijk af, totdat zij tot niet veel meer dan een nauwe schuine gleuf verkleind is, die naar de naast de mondspleet gelegen opening voert. Deze gleuf is, tot op den zeer smallen bodem na, die door het thorax-skelet gevormd wordt, door het chitinevlies begrensd, dat zich daar ter plaatse naar de binnenzijde aan eenige fijne, priemvormige, gebogen uitsteeksels van het thorax-skelet vast hecht. In deze gleuf nu ligt het genoemde verbrede aanhangsel van het tweede paar kaken, waarvan Milne Edwards de functie ontdekte, die vóór hem aan de flagella, de lange in de kieuwholte uitstekende aanhangsels der drie paren kaakpooten, werd toegeschreven. Dit verbrede aanhangsel kan de gleuf geheel sluiten en,

vermoedelijk willekeurig, een stroom òf voorwaarts (zooals bij de waterademhaling), òf achterwaarts (zooals bij de luchtademhaling), in de gleuf doen ontstaan — waarschijnlijk doordat het òf zijn achterrand, òf wel zijn voorrand, het eerst tegen den wand aandrukt. — Bij een individu, waarvan aan de eene zijde het rugschild, tot op een klein gedeelte van de orbitastreek, benevens de lever en eenige der voorste kieuwen geheel verwijderd waren, zoodat de besproken gleuf beter bloot lag, terwijl het chitinevlies naar de binnenzijde nog bijna geheel ongeschonden was, had de rythmische beweging van het aanhangsel nog niet opgehouden en was het duidelijk te zien, hoe deze, door de aanwezigheid van eenig vocht in de gleuf, de oorzaak was van het ontstaan van luchtblaasjes, die achtereenvolgens in de kieuwholte gedrongen werden. Zooals zich laat begrijpen hield deze beweging onder zulke uiterst ongunstige omstandigheden niet lang meer aan; de flagella, die bij het leven eveneens voortdurend in beweging zijn om het water tot achter in de kieuwholte in beroering te brengen, of de luchtblaasjes daarheen te stuwen, waren reeds veel vroeger tot rust gekomen.

Het spreekt van zelf dat de beschreven ademhaling ook buiten het water optrad; men behoeft slechts een exemplaar van *Carcinus Moenas* uit het water

te nemen om onmiddelijk het eigenaardige geluid der aan de buitenlucht openberstende luchtblaasjes te hooren; deze treden dan meest uit de voorste openingen; de ademhalingsmotor werkt dan derhalve in dezelfde richting als bij de waterademhaling. Men zou dus kunnen vermoeden, dat de krab aan deze, bij de andere soorten eenige richting, de voorkeur geeft en dat bij de halve onderdompeling de motor slechts daarom in den anderen zin werkt, wijl een luchtademhaling anders geheel niet mogelijk zou zijn.

Van de besproken luchtademhaling van *Carcinus Moenas* heb ik bij de weinige andere *Brachyuren* (*Portunus depurator*, *Cancer Pagurus* en *Hyas aranea*), die ik levend ter mijner beschikking had, geen spoor kunnen ontdekken. De toestand, waarin deze laatsten het laboratorium bereikten, was echter in de meeste gevallen een zeer abnormale. De krabben waren afkomstig van den Helder en werden verzonden in een met nat zeewier gevulden korf. Terwijl bijna alle exemplaren van *Carcinus Moenas* levend en zelfs bizonder levendig aankwamen, waren van de andere soorten en eveneens van *Pagurus Bernhardus* de meeste individu's gestorven, en de weinige anderen meestal in een toestand van volkomen uitputting en verslapping. Hoewel deze omstandigheid maakte dat

een onderzoek naar het al of niet voorkomen van een luchtademhaling eigenlijk bijna geheel onmogelijk was en derhalve noodzaakt het oordeel dienaangaande tot een zekere hoogte op te schorten, zoo mag toch juist uit het feit, dat deze laatste soorten het tijdelijke verblijf buiten de zee in een vochtige omgeving in vergelijking met *Carcinus Moenas* zoo uiterst slecht konden verdragen, met groote waarschijnlijkheid worden afgeleid, dat een eigenlijke luchtademhaling bij hen niet voorkomt; te meer daar het bekend is dat *Carcinus Moenas* op onze kust de eenige Strandkrab is en men haar op sommige plaatsen, tijdens de eb, in zeer groot aantal, over en tussehen steenen of, in de zoogenaamde onrijpe poldergronden in Zeeland, over den met talrijke scheuren en kloven doorploegden bodem, vrij rondlopende aantreft. Hoe het met de luchtademing van *Mareruren* gesteld is weet ik niet, daar ik met dezen geen proeven nam.

Wij komen thans tot de vraag: wat de beteekenis is van deze luchtademhaling van *Carcinus Moenas*. Moet zij opgevat worden als een ademhaling, die slechts gedeeltelijk en derhalve tijdelijk in de behoeften kan voorzien en wel des te langer naarmate de voorwaarden daartoe gunstiger zijn, hetzij dan

dat de krab uit eigen verkiezing het verblijf in zee tijdelijk met dat op het strand verwisselt, hetzij zij in een aquarium zich boven het oppervlak van het water verheft, wijl zij zich bij onderdompeling in nog ongunstiger voorwaarden bevindt dan de luchtademhaling haar kan aanbieden? Of is deze ademhaling een, die in de behoefte van het individu volkomen voorziet, in dier voege, dat men het aan de inwerking van bijkomende omstandigheden moet toeschrijven, dat zij zelfs onder de gunstigste voorwaarden een bepaalden duur niet kan overschrijden, zonder dat het organisme schade lijdt? Met andere woorden: heeft deze luchtademhaling de vertraging van het stikkingsproces ten doel, of heeft zij voor de gaswisseling in het bloed een zelfde beteekenis als de waterademhaling?

Voor de laatste opvatting pleit meer dan één feit. Wanneer eenige exemplaren van *Carcinus Moenas* in glazen bakken ondergedompeld bewaard worden, waarin geen voldoende luchtdoorvoer plaats heeft, zoo houden zij het daarin zelden langer dan 1—2 weken uit, terwijl de meesten reeds veel eer bezwijken. Bestaat er in diezelfde glazen bakken door het lage oppervlak van het water, gelegenheid tot luchtademhaling, zoo blijven de meesten veel langer, minstens verscheiden weken, sommigen zelfs tot

2 of 3 maanden in het leven ¹⁾; deze waarneming is stellig reeds door menigeen gedaan. Dat in het eerste geval inderdaad gebrek aan zuurstof in het water de oorzaak van den dood was, wordt bewezen door het feit dat de ondergedompelde krabben niet zoo spoedig sterven, indien de luchtdoorvoer een overvloedige is. Ook in vochtige lucht blijven deze krabben langen tijd leven, zooals ik uit een proefneming leerde. Een tiental exemplaren ²⁾ werd in een paar ruime goudvischkommen geplaatst, waarin de lucht door eenige met zeewater gedrenkte sponjes vochtig werd gehouden. Te voren hadden de krabben eenigen tijd in versch zeewater verkeerd, zoodat bij het begin der proef bij allen de kieuwholte voor een groot gedeelte met water gevuld was. Hoewel er een grooter aantal individu's, dan ik beschikbaar had,

1) Ik deed deze waarneming in de wintermaanden; misschien zouden deze individu's des zomers niet zoolang aan den honger weerstand hebben kunnen bieden.

2) Ik gebruikte hiervoor eenigen, die mij door het gemis van één of meer pooten, of gedeelten van pooten, voor andere, later te beschrijven proeven van geen nut konden zijn. Hoewel dit gemis natuurlijk op de gestelde vraag geen onmiddellijken invloed kon uitoefenen, meen ik hier toch melding van te moeten maken, daar het weerstandsvermogen tegen schadelijke invloeden bij deze individu's waarschijnlijk toch iets kleiner was, dan in gewone omstandigheden.

voor dit onderzoek noodig zou geweest zijn om geheel buiten den invloed te blijven, dien onbekende omstandigheden konden uitoefenen op den tijd, gedurende welken de krabben het in deze vochtige ruimte uithielden, zoo meen ik aan het door mij gevondene resultaat toch reeds eenige waarde te mogen toekennen. Werden de krabben in de goudvischkommen aan hun lot overgelaten, zoo waren er na 5—6 dagen vrij regelmatig één of twee gestorven. Tweemaal duurde het 7—8 dagen eer een van de twee of drie overgebleven krabben stierf. De uiterste grens is met dezen termijn derhalve nog niet bereikt, doch de zaak krijgt nog een veel gunstiger aanzien, door de volgende waarneming. Werden namelijk de krabben regelmatig om de 3 of 4 dagen uit de goudvischkommen een kwartier lang of korter in frisch zeewater geplaatst, zoo bleven zij 2—3 weken in de vochtige lucht leven. Dit mag als een bewijs worden aangezien dat de oorzaak van het sterven gedurende de eerste proef in elk geval voor een deel daaraan is toe te schrijven, dat aan de eerste voorwaarde tot ademing: het vochtig zijn der kieuwen, in de gegeven omstandigheden op den duur niet was voldaan.

Maar al pleiten derhalve beide verschijnselen, zoo wel die in het water als die in de vochtige lucht, voor de opvatting der luchtademhaling als een voor

de behoeften van het dier voldoende, zij kunnen daarvoor niet tot bewijs dienen. Dit kan alleen door een onderzoek der uitademingsgassen zelven geleverd worden. Zooals bekend is staat de hoeveelheid der ingeademde zuurstof tot die van het uitgeademde koolzuur in een verhouding, die bij onveranderde omstandigheden een constante is. Deze verhouding, gewoonlijk met den door Pflüger voorgeslagen naam „Respiratorisch Quotient” aangeduid en uitgedrukt door het volumen koolzuur op 100 volumina zuurstof, het percent koolzuur ten opzichte van de zuurstof, verschilt in de voornaamste plaats naar gelang van het verbruikte voedsel ¹⁾; worden alleen koolhydraten verbruikt, zoo is het respiratorisch quotient 100, wordt alleen eiwit in het lichaam verbrand, zoo wordt het 83; voor vet alleen wordt het 73. Bij plantetende dieren zal men derhalve in het algemeen een quotient vinden dat tot 100 nadert, bij vleeschetende dieren gemiddeld 80, welk cijfer bij hongerenden, waar meer vet verbruikt wordt, nog lager is. Buitendien heeft de lichaamsbeweging een grooten invloed; bij sterke beweging wordt er in verhouding tot eiwit meer vet verbruikt,

1) Men zie hieromtrent o. a. het belangrijk opstel van Carl Voit, Ueber die Wirkung der Temperatur der umgehenden Luft auf die Zersetzungen im Organismus der Warmblüter. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XIV, blz. 57—160, 1878.

zoodat in dit geval het cijfer eveneens daalt. Ik mag hierop echter niet verder ingaan.

Bevindt een dier zich in een ruimte, waar het niet in staat is een voldoende hoeveelheid zuurstof op te nemen, zoo weet men eveneens, dat het respiratorisch quotient aanmerkelijk stijgt en zelfs bij vleeschetenden gedurende het stikkingsproces veel meer dan 100 bedraagt ¹⁾. Was derhalve de luchtademing bij *Carcinus Moenas* slechts een middel dat het stikkingsproces nog zooveel mogelijk trachtte tegen te gaan en dat niet in de behoeften van het ademende dier kon voorzien, zoo zou dit onmiddellijk uit het onderzoek van het uitgeademde gasmengsel en het daardoor gevonden respiratorisch quotient moeten blijken. Wilde ik dus zekerheid hebben aangaande het wezen dier luchtademing, zoo was zulk een onderzoek noodzakelijk, en het was dus de vraag, hoe dit het best geschieden kon. De beantwoording dezer vraag en de beschrijving der genomen proeven vindt men in het volgende hoofdstuk.

1) Félix Jolyet et Paul Regnard, sur la respiration des animaux aquatiques. Arch. de Physiol. norm. et pathol., Série II, Tom IV, 1877, blz. 44—62 en 584—633. Men vergel. blz. 630 sq.

II.

PROEFNEMINGEN.

De eerste wijze, op welke ik het mij gestelde doel trachtte te bereiken, was deze, dat ik het gasmengsel, zooals het door het half ondergedompelde dier werd uitgeademd, zocht op te vangen, om het vervolgens op de bekende wijze volgens de methode van Bunsen op zijn zuurstof- en koolzuurgehalte te onderzoeken. Was dit geschied, zoo kon door een eenvoudige berekening, uitgaande van het beginsel, dat het stikstofgehalte der ingeademde lucht niet verandert, daar er gedurende de ademhaling noch stikstof opgenomen noch uitgescheiden wordt, de betrekkelijke hoeveelheden van de verdwenen zuurstof en van het voortgebrachte koolzuur berekend worden. Na eenige oefening kostte het betrekkelijk niet veel moeite met de een hand de krab in een half met zeewater gevulde platte glazen bak in de reeds beschreven houding

te fixeeren — zoodat de voorste ademhalingsopeningen boven de oppervlakte van het water uitkwamen, de zijdelingsche daarentegen een centim. of meer daaronder bleven — en te gelijker tijd met de andere hand twee met zeewater gevulde reageerbuisjes boven die twee zijdelingsche openingen te houden, zoodat de uitgestooten luchtballen daarin moesten opstijgen. In de meeste gevallen begon de luchtademhaling spoedig nadat de krab in deze houding gebracht was. Op deze wijze gelukte het in een gunstig geval binnen 12 min. aan beide zijden een reageerbuisje van ongeveer 40 cub. cent. inhoud met uitgeademde lucht te vullen; meestal evenwel was de ademhaling ¹⁾ trager. Om eenigszins na te kunnen gaan welke beteekenis deze cijfers hebben, trachtte ik het volumen der functioneerende kieuwholte te bepalen. Ik deed dit op tweeërlei wijze, waarvan de eene min of meer een contrôle was van de andere, hetgeen ik te meer noodig achtte, daar geen van beiden op groote nauwkeurigheid aanspraak kon maken, zonder dat ik kans zag

1) Ik gebruik het woord *ademhaling* hier en elders, evenals op blz. 16 het woord *luchtademhaling*, in den beperkten, mechanischen zin, in tegenstelling met het physiologische „*ademing*”, en ik meen dat het in dien zin even goed voor het ademhalingsmechanisme der Decapoden als voor dat der Vertebraten moet gebruikt worden.

een zekerder methode te vinden. Een krab, die zich sedert 6 dagen buiten het water in de goudvischkom bevond, waarvan ik dus mocht veronderstellen, dat nagenoeg al het water uit haar kieuwholte verdampt was, werd over haar geheele oppervlakte met een vochtig sponsje afgeveegd en daarna in een bekerglas gewogen; vervolgens werd zij in zeewater ondergedompeld en, nadat zij haar kieuwholte met water had gevuld, waarbij de te voren in de kieuwholte aanwezige lucht uittrad, nogmaals afgeveegd en gewogen. De vermeerdering in gewicht duidde de bij het begin der weging in de kieuwholte aanwezige hoeveelheid water aan. Bij een krab van de gewone grootte, wegende ongeveer $29\frac{1}{4}$ gr., was deze gewichtsvermeerdering na onderdompeling 0.98 cub. cent.. Dit cijfer was echter te klein om den inhoud der kieuwholte weergegeven, daar deze, gedurende het trouwens noodzakelijke afvegen der krab, eenige lucht moest hebben opgenomen. Dit werd bevestigd toen ik bij een krab van dezelfde grootte, wegende 30 gr., de lucht, die bij het onderdompelen uit de beide voorste openingen uittad, opving en hierbij inderdaad een grooter cijfer voor den inhoud der kieuwholte vond, en wel volgens de eerste wijze 0.97 cub. cent., volgens de tweede 1.40 cub. cent. voor de beide kieuwholten te samen. Een veel kleinere

krab, van slechts $12\frac{3}{4}$ gr., gaf op de eerste manier het cijfer van 0.37 cub. cent., op de andere het eveneens grootere cijfer van 0.55 cub. cent.. Aan het op deze tweede wijze verkregen cijfer mogen wij, mijns inziens, eenige waarde toekennen; het andere cijfer is, zooals wij zagen, daarmede niet in tegenspraak. Alleen moet men nog in aanmerking nemen, dat de kieuwholte vóór de onderdompeling niet geheel zonder vocht kan geweest zijn. Bij krabben van de gewone grootte mag de inhoud van de kieuwholten ter weerszijde derhalve op 0.70—0.80 cub. cent. geschat worden. In 11—12 min. wisselt aldus in deze de lucht vijftig- tot vijfenvijftigmaal, of vier- tot vijfmaal in de minuut.

Had het opvangen der gasbellen gedurende een korten tijd, zooals wij zagen, niets bezwaarlijks, ook voor een langeren tijd zou door een geschikte inrichting zoowel de krab, als de toestel om het gas op te vangen, in den vereischten stand kunnen worden bevestigd gehouden. Toch bleek mij deze wijze van onderzoek om andere redenen te verwerpen te zijn. Vooreerst is de krab gedurende de luchtademing met bijna haar geheele kieuwholte onder water, zoodat de waterademing niet uitgesloten is. Verder zou er, met het oog op de bekende trage gaswisseling bij deze dieren, een zeer groote hoeveelheid lucht opgevangen,

en hiervoor derhalve wijde vaten gebruikt moeten worden, waarbij de gelegenheid tot absorptie der gassen door het water een zeer groote worden zou en eveneens tot een niet te berekenen fout aanleiding geven kon, wijl het van de hoeveelheid der reeds in het water opgelost aanwezige gassen zou afhangen of zuurstof, koolzuur en stikstof al of niet in dezelfde verhouding zouden worden geabsorbeerd. Ten slotte ontsnapt er nu en dan lucht uit de voorste ademhalingsopeningen, die voor het onderzoek verloren zou gaan. Om de twee eerste der genoemde bronnen van fouten te vermijden zou er tevens een onderzoek van de gassen in het gebruikte water, vóór en na de proef plaats moeten hebben, hetgeen het onderzoek in hooge mate verzwaren zou, zonder nog tot groote nauwkeurigheid te kunnen leiden, daar de derde bron van fouten bestaan bleef. Langs dezen weg kon ik derhalve niet verder komen.

Beter resultaten kon ik verwachten van een methode, door Jobert en Regnard ¹⁾ beschreven en door hen op het onderzoek van een groot aantal zoowel zee- als zoetwaterdieren uit verschillende groepen, waaronder ook eenige Decapoden (*Palaemon squilla*, *Cancer pagurus*, *Homarus vulgaris* en *Palinurus vulgaris*)

1) L. c. blz. 52—62.

toegepast. Hun methode bestaat in het kort hierin, dat in een afgesloten ruimte het door het te onderzoeken dier geleverde koolzuur wordt vast gelegd, terwijl tegelijker in de plaats daarvan een bekend volumen zuurstof aan die ruimte wordt toegevoerd. Het dier bevindt zich in een ruimen, half met water gevulden, luchtdicht gesloten glazen bak; deze staat door twee openingen in het deksel door middel van buizen in verbinding met een eveneens gesloten, caoutchouken zak, die door een motor 30—40 maal in de minuut samengedrukt wordt. Door een eigenaardige inrichting — waarbij twee als kleppen fungeerende kogels bij de samenpersing en de ontspanning van den caoutchouk-zak telkens slechts de gemeenschap met één der genoemde twee buizen openstellen — wordt de in dezen toestel bevatte lucht afwisselend door de eene buis naar den bak gevoerd (waar ze onder het oppervlak van het water uit fijne openingen voor den dag treedt en door het water opborrelt) en door de andere daaruit weer weggevoerd. Deze laatste buis voert door een flesch met caustische kali, die het koolzuur van de uit den bak komende lucht terughoudt. Een derde opening in het glazen deksel staat met een zuurstof-reservoir van bekenden inhoud in verband. Naarmate nu het koolzuur uit de circuleerende lucht wordt vastgelegd, vult de door een

aspirator gedreven zuurstof het ledig aan. Eindelijk bevindt zich aan een vierde opening een uitzetbaar zakje dat de schadelijke werking van den tijdelijken hooger en druk bij de samendrukking van den caoutchouc-zak vernietigt. Wil men nu een proef doen, zoo moet het gasgehalte van het water, waarvan een bekende hoeveelheid in den bak gebracht wordt, te voren onderzocht worden; na de proef, wier duur slechts van den vooraad zuurstof in het reservoir afhankelijk is, onderzoekt men niet alleen het water maar ook de daarboven in den bak aanwezige lucht, verder de hoeveelheid van de uit het reservoir verdwenen zuurstof en de gewichtsvermeerdering der flesch met caustische kali. Uit deze gegevens is dan zoowel de door het onderzochte dier opgenomen zuurstof, als het uitgescheiden koolzuur te berekenen.

Zonder twijfel zou de beschreven toestel in alle opzichten aan de eischen, die voor de beantwoording der vragen aangaande de luchtademhaling van *Carcinus Moenas* gesteld moesten worden, beantwoord hebben; ik had er slechts voor te zorgen dat de hoeveelheid water in den bak zeer gering was, en de buis die de zuurstof aanvoerde niet tot onder het oppervlak van het water doordrong; de krab zou dan hierdoor van zelf genoodzaakt zijn lucht te ademen. Het eenige bezwaar aan deze methode van onder-

zoek verbonden was echter, dat de proeven zeer samengesteld en de toestel zeer kostbaar was. Buiten- dien was er in den beschreven samengestelden toestel veel, hetgeen voor mijn bijzonder doel geheel overbodig was. Vooreerst was het onnoodig dat de krab zich in een bak bevond, die water bevatte, daar ik immers geleerd had, dat zij het regelmatig 4 tot 5 dagen in een vochtige omgeving uithoudt; terwijl derhalve hierdoor de toestel reeds in eenvoudigheid zou winnen, zou tevens het samengestelde onderzoek der in het water opgeloste gasen vervallen; de fout, die wellicht ontstaan zou, doordat de tegen de wanden van het vat aangeslagen waterdamp de gasen in een onbekende verhouding kon opslorpen, zou door geschikte middelen, zoo niet geheel verwijderd, dan toch tot een minimum terug gebracht kunnen worden. Nog veel eenvoudiger echter zou het onderzoek en ook de toestel kunnen worden, wanneer deze laatste zoodanig was in te richten, dat er geen zuivere zuurstof, maar koolzuurvrije dampkringslucht behoefde ingevoerd te worden, zoodat een aspirator de plaats van den luchtzak en diens motor bij Jolyet en Regnard kon innemen; het volumen van het uitgeademde koolzuur was dan op dezelfde wijze, als door hen geschied is, te bepalen, doordat men de ventilatielucht door caustische kali of natronkalk liet strijken; evenwel was de verbruikte hoeveelheid

zuurstof op deze wijze niet onmiddellijk na te gaan. Doch terwijl dit bij grootere dieren noodzakelijk weer tot een complicatie in den toestel zou moeten voeren, behoeft dit bij het onderzoek van kleine dieren geenszins het geval te zijn, zooals o. a. de door van Geuns¹⁾ op muizen genomen proeven bewijzen. Richt men de proef zoo in, dat er koolzuurvrije, drooge lucht in den toestel, waarin zich het dier bevindt, gevoerd wordt, en laat men hierop weer andere inrichtingen volgen, dienende om het koolzuur en den waterdamp op te vangen, zoo vindt men de door het dier opgenomen zuurstof steeds uit de gewichtsvermeerdering der genoemde toestellen; immers de stikstof gaat onveranderd door, zoodat de gewichtsvermeerdering dier toestellen, waaruit dan weer drooge zuurstof en stikstof treedt, alleen het gevolg kan zijn van de daarin achtergebleven, d. i. voor de ademhaling van het dier gebruikte zuurstof. Elk der genoemde toestellen moet derhalve vóór en na de proef gewogen worden, en wel op een fijne, zoogenaamde chemische balans; men begrijpt derhalve dat zulks bij een zekere grootte van het dier en een daaraan beantwoordende grootte van den toestel, die dit bevat, allicht onmogelijk wordt. De balans die ik ter

1) Jakob van Geuns, Over de verhouding tusschen de opgenomen zuurstof en het uitgescheiden koolzuur bij de zoogdieren. Amsterdam 1875.

mijner beschikking had, vervaardigd door den Heer H. Olland te Utrecht, stond aan weerszijde een belasting van 100 tot 120 gram toe, bij een nauwkeurigheid van $\frac{1}{10}$ milligr.. Indien ik er derhalve in slaagde een toestel te vinden, waarin de krab genoegzame ruimte had, die verder gemakkelijk luchtdicht kon gesloten worden en met de krab het vermelde gewicht niet overschreed, zoo stond niets mij in den weg mijne proeven volgens de genoemde eenvoudige methode in te richten. Den verlangden toestel vond ik in een zeer dun glazen klokje, sluitende op een dun glazen plaatje, dat aan de eene oppervlakte mat geslepen was. Het klokje werd door den glasblazer Remkes te Utrecht op de volgende wijze vervaardigd. Een uiterst dunwandige, geblazen glazen bol werd iets voorbij zijn aequator in de rondte doorgesneden; de rand van het grootste gedeelte werd daarop in een zeer groote gasvlam gloeiend gemaakt en vervolgens over een breedte van $\frac{3}{4}$ centim. in een hoek van 100 tot 120 graad naar buiten omgebogen, zoodat hij over den geheelen omtrek voor een groot gedeelte in een zelfde vlak te liggen kwam, waarboven zich de uiterste rand alleen een weinig verhief¹⁾. De vlakke rand werd nu uiterst voorzichtig op een dun plaatje van spiegelglas mat geslepen, zoodat het daarop zoo

1) Zie de plaat bij D.

zuiver mogelijk sloot. Aan den tegenovergestelden kant werd een halsje van iets dikker glas aangeblazen, wijd genoeg om een klein caoutchouc-stopje met dubbele doorboring te bevatten. Het aldus ontstane klokje was zeer licht; het zwaarste van de vier die ik gebruikt heb, woog niet meer dan 29.2192 gr., terwijl het daarbij behorende, geslepen glasplaatje 30.7875 gr. woog. Wat het gewicht aangaat voldeed het derhalve volkomen aan de gestelde eischen; wat de grootte betreft, zoo voldeden mij uitnemend drie der klokjes, van ongeveer dezelfde afmetingen, welke bij een van hen de volgende waren. Middellijn van het glasplaatje: 10.5 centim., dikte 0.15 c., middellijn van de groote opening van het klokje, inwendig: 8.2 c.; hoogte tot aan den hals: 5 c.; middellijn van den hals, inwendig: 1.4 c.; hoogte van den hals: 2.2 c.. De sluiting eindelijk van het klokje op de glazen plaat was reeds zonder vet zeer goed; met een dun laagje vet, tegen den matten rand van het klokje aangestreken, volkomen. Het beschreven toestelletje voldeed derhalve aan de voor het welslagen der proefneming gestelde eischen, voor zoover deze lichtheid en goede sluiting betroffen.

De inrichting van den verderen toestel was de volgende. De bron van beweging bij het doorvoeren der lucht werd geleverd door twee tamelijk groote aspirators, elk van ongeveer 11 liters in-

houd, van onderen van een opening voorzien, waarin een caoutchouc-stop met een eind glazen buis. Door een lange caoutchouc-slang waren deze beide buizen aan elkaâr verbonden. In de bovenste wijdere opening der aspirators bevond zich een met parafine doortrokken kurk en daarin sloot een koperen buis met kraan; door een aan deze buis bevestigde caoutchouc-slang kon een der aspirators met den overigen toestel in verband gebracht worden. Een van hen was met water gevuld; werd deze hooger geplaatst en met den toestel verbonden, zoo werd daardoor bij opening der beide koperen kranen een stroom g e z o g e n; was de bovenste aspirator leeg, zoo behoefde men dien slechts met den ondersten te verwisselen om het doorzuigen voort te zetten. Eveneens kon er lucht door den toestel gedreven worden, indien de onderste ledige aspirator met den toestel verbonden werd.

Hoewel deze laatste wijze van lucht doorvoeren wel iets vóór heeft, voornamelijk met het oog op de verbindingswijze der verschillende deelen van het geheele apparaat, waarover later, heb ik toch de andere manier moeten volgen, daar het zeer lichte klokje, ten gevolge der hoogere drukking binnen dan buiten, bij het doordrijven der lucht niet door zijn eigen gewicht genoeg werd aangedrukt, zoodat er door opheffing gemakkelijk een lek ontstond.

De eerste in de serie van U-vormige buizen ¹⁾, waardoor de lucht gedurende de proef gevoerd werd, was bestemd om deze lucht te droogen en daartoe gevuld met korte stukjes eener kleingesneden glazen buis, waarover geconcentreerd zwavelzuur was gegoten. De tweede buis bevatte fijn gekorrelde natronkalk om het koolzuur der ingetreden dampkringslucht terug te houden; terwijl de derde, die wederom stukjes glas en geconc. zwavelzuur bevatte, den waterdamp opving, welke door de drooge lucht uit den natronkalk der voorgaande buis kon zijn medegevoerd. Daarop volgde het klokje met de krab; bij de ventilatie stroomde hier ²⁾ derhalve drooge zuurstof en stikstof in. Om de krab tegen de schadelijke inwerking dier drooge lucht te beschermen, en te gelijker tijd de ruimte binnen het klokje steeds vochtig te houden, was aan het invoerbuisje door middel van een caoutchouc-buisje een klein, met zeewater bevochtigd sponsje verbonden; de intredende lucht moest derhalve eerst hierdoor strijken en bereikte de krab eerst na met waterdamp verzadigd te zijn. Op het klokje volgden twee buizen met stukjes glas en geconc. zwavelzuur, welke den uit het klokje tredenden water-

1) Men vergelijke de plaat.

2) In de figuur bij P.

damp opvangen; de hierachter geplaatste buis met natronkalk kon aldus geen waterdamp opnemen maar hield alleen koolzuur terug; integendeel verloor zij, evenals de eerste buis met natronkalk, waterdamp; deze werd opgevangen door de volgende buis met stukjes glas en zwavelzuur. Hieruit ¹⁾ kwam derhalve bij de ventilatie weer enkel drooge zuurstof en stikstof te voorschijn. Vervolgens sloot een Woulsch fleschje met zwavelzuur den toestel naar buiten af, zoodat de laatste buis met zwavelzuur geen anderen waterdamp dan die van de daaraan voorafgaande buis met natronkalk kon opnemen. Eindelijk diende een grootere met kalkwater gevulde Woulsche flesch tot contrôle van de tweede buis met natronkalk. Met deze flesch werd nu bij de proef de gevulde aspirator in verband gebracht door middel van een caoutchouc-buis, waarin een glazen kraan aangebracht was, zoodat bij het verwisselen der aspirators de geheele toestel aan deze zijde tijdelijk kon worden afgesloten.

Voor de onderlinge verbinding der verschillende onderdeelen van den toestel maakte ik uitsluitend gebruik van caouchouc-stoppen. In de wijde openingen der U-vormige buisjes en in den hals van het klokje en van de twee flesschen schenen zij mij groote

1) In de figuur bij Q.

voordeelen op te leveren boven gewone kurken, die bij elke proef zorgvuldig met lak of vernis moeten worden overdekt, daar zij anders, door het opnemen van waterdamp uit de omgeving, tot groote fouten aanleiding geven. Voor de vereeniging der horizontale verbindingsstukken onderling, of met het nauwe uiteinde der buizen, bleef mij, daar ik de lucht niet door den toestel dreef, maar zoog, geen keus over; de gewone verbinding door middel van kleine caoutchouc-buisjes liet hier ten eenenmale in den steek, daar er dan van een afsluiting van de buitenlucht geen sprake was. Ik gebruikte hier derhalve eveneens caoutchouc-stoppen doch van een grootere lengte en dikte, die stevig om de buisjes sloten, zonder een gemakkelijk uit elkaâr nemen van den toestel te verhinderen; ik kon mij er van overtuigen dat de sluiting dezer stoppen voldoende was.

Wij komen thans tot de beschrijving der proeven zelven.

Bij de eerst genomen proeven bleek het mij reeds, dat de hoeveelheid der gedurende de ademhaling wisselende gassen zeer gering was, zoodat ik zooveel mogelijk alle bronnen van fouten vermijden moest, wilde ik eenigszins betrouwbare resultaten verkrijgen. In de eerste en voornaamste plaats moest er voor gezorgd worden, dat de voor de proef gebruikte

krabben zelve zoo weinig mogelijk aanleiding tot fouten gaven. Wanneer zij met Balani bedekt waren, hetgeen regelmatig het geval was, werden deze derhalve zorgvuldig verwijderd; eveneens werd het schild in den omtrek der basis van het eerste pootenpaar, waar zich steeds in de lange haren veel vuil opgehoopt bevond, met zorg schoongemaakt. Kort vóór de proef werd de krab eenigen tijd in een bak met zuiver zeewater geplaatst, om ook uit de kieuwholte zooveel mogelijk alle vuil te verwijderen. In de tweede plaats was het noodig te zorgen dat de absorptie van het water, waarmede het sponsje in het klokje bevochtigd was, slechts tot een minimale fout aanleiding kon geven. Hierin trachtte ik te voorzien, door vóór het begin der proef gedurende één of twee uur drooge, koolzuurvrije lucht door het klokje met de krab te voeren, zonder het uittredende koolzuur en den waterdamp op te vangen; de hoeveelheid der gassen, die zich in het water binnen het klokje opgelost bevonden, mocht dan geacht worden gelijk te zijn aan die bij 't eind der proef, indien slechts gedurende de laatste één of twee uur daarvan de lucht met dezelfde snelheid als vóór de proef doorgevoerd werd.

Terwijl ik in den aanvang de krabben nauwelijks langer dan eenige weinige uren in het klokje durfde laten, leerde ik spoedig inzien, dat van proeven, die

slechts weinige uren duurden, geen resultaat hoege-naamd te verwachten was; dit laat zich begrijpen, wanneer ik mededeel, dat de hoeveelheid koolzuur, per uur geproduceerd, gemiddeld nog geen twee milligram was, zooals mij later bleek. Ik beproefde dus de krabben langer in den toestel te laten en dit leverde geenerlei bezwaar op, zelfs niet zoo de proef tot over verscheidene dagen werd uitgestrekt. Zoo verkreeg ik resultaten waar de onmogelijk te vermijden fouten bij de weging — ontstaan door de condensatie van water uit de omgevende lucht op de glazen buizen en het klokje, door het intreden van vochtige lucht in de buizen bij het uit elkaâr nemen van den toestel enz. — relatief zeer gering geworden waren; alle proeven, die niet langer dan 12 uur geduurd hadden, legde ik als niet betrouwbaar ter zijde. Ook een andere oorzaak van het mislukken van meer dan één proef moet ik nog vermelden. Verscheiden malen gebeurde het dat de krab gedurende de proef excrementen uitstiet, zonder twijfel vergezeld van een hoeveelheid koolzuur, voldoende om aan het resultaat alle waarde te ontnemen. Terwijl dus ook deze proeven voor het verkrijgen van eenig resultaat verloren gingen, bleven er een negental over, die ik in meerder of minder mate geslaagd mag achten en die ik in een tabel hier achter vereenigd heb. Zij werden tusschen

13 April en 24 Mei afwisselend met drie verschillende krabben genomen; van één dezer proeven, bijv. N°. VII, wil ik de bijzonderheden kortelijk schetsen. De te onderzoeken krab werd op de beschreven wijze schoongemaakt en in versch zeewater geplaatst. Ondertusschen werd de rand van het klokje met kaarsvet besmeerd en vervolgens de krab op zijn rug daarin gelegd, waarop onmiddellijk het glazen plaatje er op geplaatst en de geheele toestel omgekeerd werd; het klokje werd nu aangedrukt en, nadat het overtollige vet was afgeveegd, met het eene toevoerbuisje (dat, waarmede van binnen het sponsje in verband stond) aan de U-vormige buis C verbonden, met het andere aan den aspirator en deze laatste in werking gesteld; een uur lang werd aldus langzaam geventileerd. Ondertusschen werden de buizen E, F, G en H zorgvuldig gewogen. Aan de eene zijde der balans was in plaats van de schaal een gevorkt haakje bevestigd, waaraan de buizen konden opgehangen worden; de gewichtsvermindering die door deze wisseling ontstond, bedroeg bijna 34 gr.. De buizen werden met een droogen doek zorgvuldig afgeveegd, aan de balans gehangen en het gewicht eerst na 10 min. genoteerd; op deze wijze was de fout, ontstaan door de condensatie van waterdamp aan de oppervlakte, zoo klein mogelijk gemaakt.

Gedurende de weging waren de buizen open, doch onmiddelijk daarna werden zij aan beide zijden door middel van een caoutchouc-stop, met een glazen stopje in de andere opening, afgesloten.

Het gewicht van buis E bedroeg 19.2612 gram, dat van buis F 2.3677 gr. (het ware gewicht was natuurlijk het genoemde plus de vermelde 34 gram). De buizen G en H, waarvan de eerste het koolzuur zou opvangen en de tweede de waterdamp, die daarbij uit de eerste werd medegevoerd, behoorden bij elkaâr en werden, door middel van een steeds aan hen bevestigd koperen haakje, te zamen gewogen; hun gewicht bedroeg 60.6762 gr.. Als de ventilatie van het klokje lang genoeg geduurd had, werd daaraan een eind gemaakt, het in- en uitvoerbuisje van het klokje elk door een kort caoutchouc-buisje met glazen stopje gesloten, en het geheel evenals de buizen afgeveegd; het gewicht na 10 min. bedroeg 73.1740 gr.. De buizen en het klokje werden nu in de vermelde volgorde aan elkaâr verbonden, de glazen kraan achter K geopend en de aspirator weer in werking gesteld. (Wanneer er zoodanig geventileerd werd, dat er 6—8 maal in de minuut een paar groote luchtbelllen in de zwavelzuur-buizen opstegen, hetgeen ruimschoots voldoende was voor de behoeften van de krab, zoo duurde het 24 uur, en langer, eer de aspirator geheel leeg gelooopen was).

De proef duurde 26 u. 54 m., te beginnen met het oogenblik, waarop het klokje vóór de weging door de beide caoutchouc-buisjes afgesloten werd, tot op dat, waarop, door het sluiten van de glazen kraan, de ventilatie ophield. De verbinding werd nu het eerst verbroken tusschen C en D, en wel met opzet aldaar, en niet bijv. tusschen D en E, wijl het in dit laatste geval gebeuren kon, dat er, ten gevolge van de geringere spanning binnen het stel buizen, lucht uit D in C werd gezogen, die dan uit het sponsje waterdamp, of zelfs water medevoerde, zoodat de proef mislukken moest. Inderdaad heb ik, hierop in den aanvang niet lettende, eenige malen op deze wijze een overigens goed resultaat zien verloren gaan.

De toestellen D, E, F, G en H werden nu weer op dezelfde wijze gewogen als vóór de proef. D woog thans 73.0948 gr. en nadat de krab er uit verwijderd was ongev. 28 gram minder, zoodat dit het gewicht van de gebruikte krab is. Met opzet woog ik de krabben steeds aan het einde der proef, omdat de hoeveelheid water in hunne kieuwholte dan geringer is. E woog na de proef 19.3480 gr., F 2.3687 gr., G en H 60.7127 gr. Terwijl het klokje derhalve 79.2 m.gr. aan gewicht verloren had, was er in het eerste zwa-
velzuurbuisje 86.8 m.gr., in het tweede 1 m.gr. waterdamp opgevangen; terwijl de gewichtsvermeerdering

van G en H, bedragende 36.5 m.gr., onmiddellijk de hoeveelheid door de krab gedurende de proef uitgescheiden koolzuur aangeeft. Het gewicht der opgenomen zuurstof, dat uit de gezamentlijke gewichtsvermeerdering der toestellen tusschen P en Q gevonden wordt, bedroeg bij deze proef 45.1 m.gr.

Berekent men de volumina van deze beide hoeveelheden, wetende, dat 1 liter koolzuur 1.98 gram en 1 liter zuurstof 1.43 gr. weegt, zoo vindt men, dat de krab gedurende 26 u. 54 m. 18.4 cub. cent. koolzuur uit- en 31.5 cub. cent. zuurstof inademde.

Op de beschreven wijze zijn ook de andere proeven genomen, die in de tabel vermeld zijn. Gedurende de proef lag de krab regelmatig zeer rustig, ja meestal min of meer wezenloos in het klokje, alleen scheen zij nu en dan 's nachts een weinig heen en weer te zijn gekropen, te oordeelen naar de fijne strepen in het vet, dat de glasplaat bedekte. Somwijlen blies zij regelmatig luchtballen door de voorste ademhalingsopeningen naar buiten; op andere tijden was hiervan echter geen spoor te zien.

Over 't algemeen was de krab niet traag meer, zoodra zij het klokje weer verlaten had, en dat het tijdelijke verblijf daarin geenszins een schadelijken invloed op haar uitoefende, blijkt wel uit het feit, dat krab A vijfmaal met even goed gevolg gebruikt

werd, niettegenstaande zij bij den aanvang der laatste proef reeds 35 dagen uit de zee verwijderd en van alle voedsel verstoken was.

Werpen wij thans een blik op de tabel, zoo behoeven de 10 eerste kolommen geen nadere verklaring, behalve de 5^{de} kolom, waar N den tijd tusschen middag en middernacht, V dien tusschen middernacht en middag aangeeft. Wat de 11^{de} en 12^{de} betreft, wij vinden aldaar de cijfers uit de beide voorafgaande kolommen tot een gebruikelijke eenheid teruggebracht, die ons in staat stelt de resultaten der verschillende proeven onderling te vergelijken ¹⁾. Eveneens lokken tot zulk een vergelijking de cijfers der 13^{de} kolom uit, die een beeld zijn van de verhouding, waarin het uitgescheiden koolzuur tot de opgenomen zuurstof staat; in de eerste plaats echter geven deze ons een antwoord op de vraag, die de aanleiding was van dit onderzoek: is de luchtademhaling bij deze dieren een normale, die volkomen in hun behoeften voorziet?

1) Ik had boven deze kolom even goed „Co₂ per 100 uur en per 10 gram” of „per 40 uur en 25 gram” kunnen schrijven, hetgeen meer in overeenstemming zou geweest zijn met het gewicht der krabben en den duur der proeven; ik gaf echter de voorkeur aan het gekozen, wijl aldus onmiddelijk in het oog springt, dat men met dezelfde eenheid te doen heeft, die elders algemeen wordt aangetroffen.

Het antwoord hierop luidt bevestigend. De zuurstof, die steeds in overvloed aan de krab werd toegevoerd, is door haar in overmaat gebruikt, m. a. w. er is steeds zuurstof vastgelegd. Dit resultaat is constant opgetreden, tenzij de proef te kort geduurd had, of er duidelijk aanwijsbare bronnen van fouten aanwezig waren geweest. Dat evenwel het respiratorisch quotient, bij de onderscheiden proeven nog al verschilt, mag ons niet bevreemden wanneer wij nagaan hoe uiterst subtiel het onderzoek was, en des te meer naarmate de proeven binnen een korter tijd ten einde liepen. Dat o. a. reeds een zeer gering verschil in den concentratie-grad van het zwavelzuur in de buizen C, F. en H tot een verschillend resultaat aanleiding geven kon, al naardat de buis C, F of H het sterkste zwavelzuur bevatten, dit kan uit een eenvoudig voorbeeld blijken. Kiezen wij daarvoor weer de proef VII en stellen wij, dat het zwavelzuur in de buis F minder sterk gecontreerd ware geweest dan dat in C en H (terwijl wij eveneens stellen, dat dit in de werkelijkheid niet het geval is geweest), en dat daardoor een fout van 1 miligram kon gemaakt worden. De ééne miligram waterdamp, bij de proef door de buis F opgenomen (zie blz. 45), zou dan in H te recht zijn gekomen, en in plaats van 36.5 m.gr. zou men dus 37.5 m.gr. koolzuur meenen gevonden te

hebben uit de gewichtsvermeerdering der beide buizen G en H, tegenover een gelijk gebleven gewicht aan zuurstof, zijnde 45.1 m. gr.. Stellen wij daarentegen, dat het zwavelzuur van de buis C niet zoo sterk geconcentreerd was, als dat der beide anderen, en dat dit weer tot een fout van 1 m. gr. aanleiding moest geven, zoo zou buis T in 't geheel 2 m. gr. waterdamp opgenomen hebben en H niet meer als gedurende proef VII geschiedde. De fout zou nu echter in tegenovergestelden zin uitvallen, daar men 46.1 m. gr. zuurstof tegenover een gelijk gebleven gewicht van het koolzuur, zijnde 36.5 m. gr., uit de weging vinden moest.

De omstandigheid, dat de uitkomsten, wat het respiratorisch quotient aangaat, zoo veel verschilden, zonder dat hierin eenige regelmaat te ontdekken was — immers noch duur der proef, noch staat van uitputting der krabben was daarmede in eenig verband te brengen, hetgeen vooral sterk uitkomt indien men proef I met proef IX vergelijkt, beiden met krab A genomen, en waarbij de uitkomst dezelfde was, niettegenstaande de omstandigheden zoo verschilden — deed mij van mijn voornemen afzien dit onderzoek tevens dienstbaar te maken aan de oplossing van een vraag aangaande den invloed van het licht op de ademhaling, met name op de koolzuurafscheiding; bij zulke wisselende

uitkomsten zou een onderzoek in die richting tot niets geleid hebben. Terwijl drie proeven met krab A ten aanzien van het respiratorisch quotient een zelfde resultaat opleverden, waarbij dit 63 was — derhalve bijna het zelfde als het gemiddelde uit de negen proeven, 't geen 64 bedraagt — verschillen de beide andere uitkomsten daarmede zonder dat de oorzaak hiervan blijken kon.

Ook de cijfers, die de koolzuurafscheiding en de zuurstofopname, uitgedrukt in de daarvoor algemeen gebruikte eenheid ¹⁾, weergeven, vertoonen onderling niet minder verschil. Het sterkst wijkt proef III van de overigen af; de koolzuur-productie was gedurende die proef meer dan tweemaal zoo groot als gemiddeld gedurende de andere proeven; het zuurstofverbruik was niet in die mate vermeerderd,

1) Tegen deze eenheid, zooals zij algemeen wordt toegepast, laat zich, mijns inziens, wel iets in 't midden brengen, naar aanleiding van het feit, dat bij het lichaams-gewicht dat van het skelet wordt medegeteld, onverschillig of dit zwaar en massief is, zooals o. a. bij *Cancer pagurus*, of wel teer en licht, zooals bij *Palaemon squilla*. (Vergel. Jolyet et Regnard, l. c. blz. 621.) Het komt toch eigenlijk alleen op het gewicht der ademende weefsels aan; alleen deze zouden in aanmerking mogen worden genomen bij een juiste vergelijking. Bij Gewervelden zou dan het beenweefsel, naarmate het meer of minder van Haversche kanaaltjes was voorzien, mede ter sprake komen.

maar toch nog anderhalf maal het gemiddelde. Van deze grootere vermeerdering der koolzuur-productie dan der zuurstof-opname, was het hoogere cijfer van het resp. quotient een gevolg. Wat de oorzaak van deze hoge cijfers was, is mij tot mijn spijt niet duidelijk geworden, daar van nog twee andere proeven, die ik met deze krab deed, de een toevallig te kort duurde en de ander mislukte. Wellicht is de grond, voor een gedeelte althans, daarin te zoeken, dat deze krab kleiner dan de anderen was, en deze zooals bekend is een levendige stofwisseling hebben ¹⁾. Misschien ook was er gedurende de proef koolzuur per anum uitgestooten.

Wanneer men de cijfers der 12^{de} kolom, die de zuurstofopname per uur en per kilogram van de onderzochte krabben aanwijzen, vergelijkt met de cijfers, die uit het onderzoek van Jolyet en Regnard aangaande Decapoden zijn voortgevloeid, zoo valt het in het oog, dat die van laatstgenoemde onderzoekers bijna alle hooger zijn. Alleen een *Palinurus quadricornis* gaf het lage cijfer: 44.2 cub. cent., daarentegen een *Homarus vulgaris*: 68.00 c.c., een *Cancer pagurus*: 107.00 c.c. en een aantal individu's van *Palaemon squilla*: 125.00 c.c. Het onderscheid is

1) Vergel. o. a. Jolyet et Regnard, l. c. blz. 623.

inderdaad groot en men heeft grond te meenen dat het geen toeval is, maar 't gevolg van de geheel andere omstandigheden, waarin het onderzoek van Jolyet en Regnard en van mij de onderzochte voorwerpen bracht. Gedurende den tijd, dat bij mijn onderzoek de krabben aan de proefneming onderworpen waren, vertoonden de meesten zeer weinig teekenen van leven, soms nauwelijks (door het verbergen van hunne oogen) reageerende op een slag op de tafel in hunne nabijheid, meestal geheel het aanzien vertoonende van in diepen slaap gedompeld te zijn; een toestand die niet juist voor de levendigheid der stofwisseling bevorderlijk is. Ook de schommelingen in de hoeveelheden der in- en uittredende gassen zijn met het oog op den min of meer ongewonen toestand, die bij de verschillende proeven niet altijd dezelfde zal zijn geweest, niet zoo geheel onverklaarbaar.

Een onderzoek door O. Bütschli ¹⁾ met *Blatto orientalis* genomen, geeft voor de zuurstofopname eveneens aanmerkelijk hooger cijfers.

Verder valt er niet aan te twijfelen, of deze slaperige toestand van de krabben gedurende de proef, in verband met het feit, dat de krabben in het Laboratorium steeds zonder voedsel waren, was tevens de

1) Arch. f. Anat. u. Physiol., 1874, blz. 348—361.

oorzaak van het lage cijfer van het respiratorisch quotient, hetwelk gemiddeld slechts 64 bedroeg, terwijl het bij de proeven van Jolyet en Regnard tusschen 80 en 88 wisselde. Dat gedurende den echten winterslaap het bewuste quotient aanmerkelijk dalen kan, bewees het onderzoek van Regnault en Reiset aan marmotten verricht, bij welke gedurende den diepsten slaap het quotient 40 was. Ik meen derhalve, dat het lage cijfer van dat quotient bij mijne proeven in 't geheel niet behoeft te bevreemden, den toestand van het dier gedurende de proef in aanmerking genomen.

Men is naar aanleiding hiervan geneigd te vragen: komt er bij de krabben gedurende den tijd, dat zij zich van het strand naar de diepte der zee terugtrekken wellicht een winterslaap voor? Ik weet niet of hieromtrent iets bekend is; het zou mij evenwel geenszins bevreemden indien dit inderdaad plaats had.

Terwijl in de heete streken bij een aantal Decapoden de luchtademing geschiedt door middel van een daartoe bijzonder gewijzigd orgaan, hebben wij uit dit onderzoek geleerd, dat bij *Carcinus Moenas* dit zelfde, hoewel in veel geringer graad, bereikt wordt, zonder dat van een diergelijke verandering de minste aanduiding te vinden is.

Zonder mij nu ten slotte te willen verdiepen in de

vraag, of *Carcinus Moenas* zich wellicht in het eerste stadium bevindt van zulk een ontwikkelingsgang, waarvan een deel der Landdecapoden het laatste bereikt hebben, en of een nauwkeurige vergelijking van den eerstgenoemde met echte Zeekrabben zonder luchtademhaling misschien hieromtrent nog iets zou kunnen leeren, zoo kan ik toch niet nalaten de meening uit te spreken, dat in de eerste plaats een nauwkeurig onderzoek zal moeten ingesteld worden naar het luchtademingsorgaan, dat bij de Landdecapoden zonder twijfel in velerlei graad van ontwikkeling aan te treffen is, wil men licht verspreiden over het verband, dat in deze tusschen lucht- en waterademende Decapoden bestaan moet.

STELLINGEN.

I.

Het luchtademhalingsorgaan, door C. Semper bij *Birgus latro* aangetoond, mag geen long genoemd worden.

II.

Het zuigen der *Acineten* is mechanisch nog niet verklaard.

III.

De uitdrukkingen „warmbloedige” en „koudbloedige dieren” zijn af te keuren.

IV.

Amphioxus behoort niet tot de *Vertebraten*.

V.

Die vermittelnden Theile des Nervensystems, Ganglienzellen und Nervenfibrillen, gehören ursprünglich dem Ektoderm oder oberen Keimblatte an.

O. en R. Hertwig.

VI.

Die Endorgane der sensibeln Nerven sind aus dem Ektoderm stammende Sinneszellen, die ursprünglich die freie Oberfläche des Körpers mit bedecken helfen.

Dezelfden.

VII.

Das Endorgan der motorischen Nerven sind Ektodermzellen, die ursprünglich als Epithelmuskelzellen die Oberfläche der Körpers mit begrenzt haben, bei allen höheren Thieren dagegen schon früh in tiefere Körperschichten eingelagert werden.

Dezelfden.

VIII.

De Purkinje'sche draden in den ventrikelwand zijn overblijfsels der embryonale spiervezelen.

IX.

Ook de reflexbewegingen zijn wilsuitingen.

X.

Het bewijs, dat Bacterien, wat hare ontledende eigenschappen betreft, zeer veranderlijke organismen zijn, is niet geleverd.

XI.

Het feit, dat de geïsoleerde epidermis van oudere internodien zich minder verkort, dan die van jongere, bewijst niet, zooals Sachs beweert, dat de eerste minder rekbaar is dan de laatste.

XII.

Het microchemisch onderzoek moet uitsluitend gebezigd worden tot bepaling der plaatselijke verdeling der stoffen in de weefsels.

XIII.

Het is onjuist protoplasma als een eiwitstof te beschouwen.

XIV.

Evenals tusschen metalen en niet-metalen is er ook tusschen zuren en bases geen scherpe grens te trekken.

XV.

Van een net afgewerkten magneet bepaalt men het traagheidsmoment het best door berekening.

XVI.

De proef van Savart omtrent de laagst hoorbare toonen heeft voor de oplossing van dat vraagstuk geen waarde.

XVII.

De orgelpijpen te verklaren door de bekende proef met een voor de pijp gehouden stemvork is een verschuiving van de kwestie.

De ware theorie is die, welke het vraagstuk van den aanvang aan mechanisch opvat.

XVIII.

Ten onrechte beweert Dühning („Krit. Gesch. d.

Mech.", S. 511) dat men bij de definitie van integraal liever moest uitgaan van de beteekenis van het bepaalde integraal.

De meest juiste difinitie van integraal is die eener primitieve functie.

XIX.

De beste en eenvoudigste definitie der differentialen is die van Duhamel („Cours d'analyse”).

XX.

Het teeken 0 in Newton's fluxie-rekening voorkomende, staat gelijk met het differentiaal eener nieuw ingevoerde onafhankelijk veranderlijke.

XXI.

Het mechanische begrip „massa” ontstaat daardoor, dat wij de verschillende versnellingen willen verklaren, die wij waarnemen aan verschillende lichamen, waarop gelijke kracht werkt.

De uitdrukking „Massa is de hoeveelheid stof” is eene niet vol te houden physische interpretatie.

XXII.

De eigenlijke atomen als uitgebreid te beschouwen is een inconsequentie.

XXIII.

Man geht nicht zu weit mit der Behauptung, dass die Existenz der Pflanzen- und Thierwelt die enorme Aeussderung der chemischen Eigenschaften sei, welche das Kohlenstoffatom bei unserer Erdtemperatur hat.

J. H. van 't Hoff.

XXIV.

Het door Mr. S. van Houten hier te lande ingeleide „twee-kinderstelsel” is, niet alleen uit een aesthetisch en ethisch, maar ook uit een algemeen maatschappelijk oogpunt ten sterkste af te keuren, als indruischende tegen den natuurlijken strijd om het bestaan.

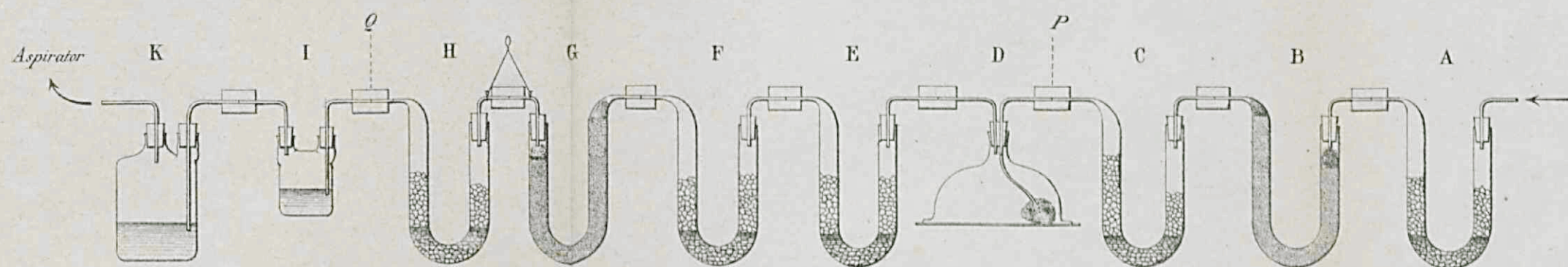
XXV.

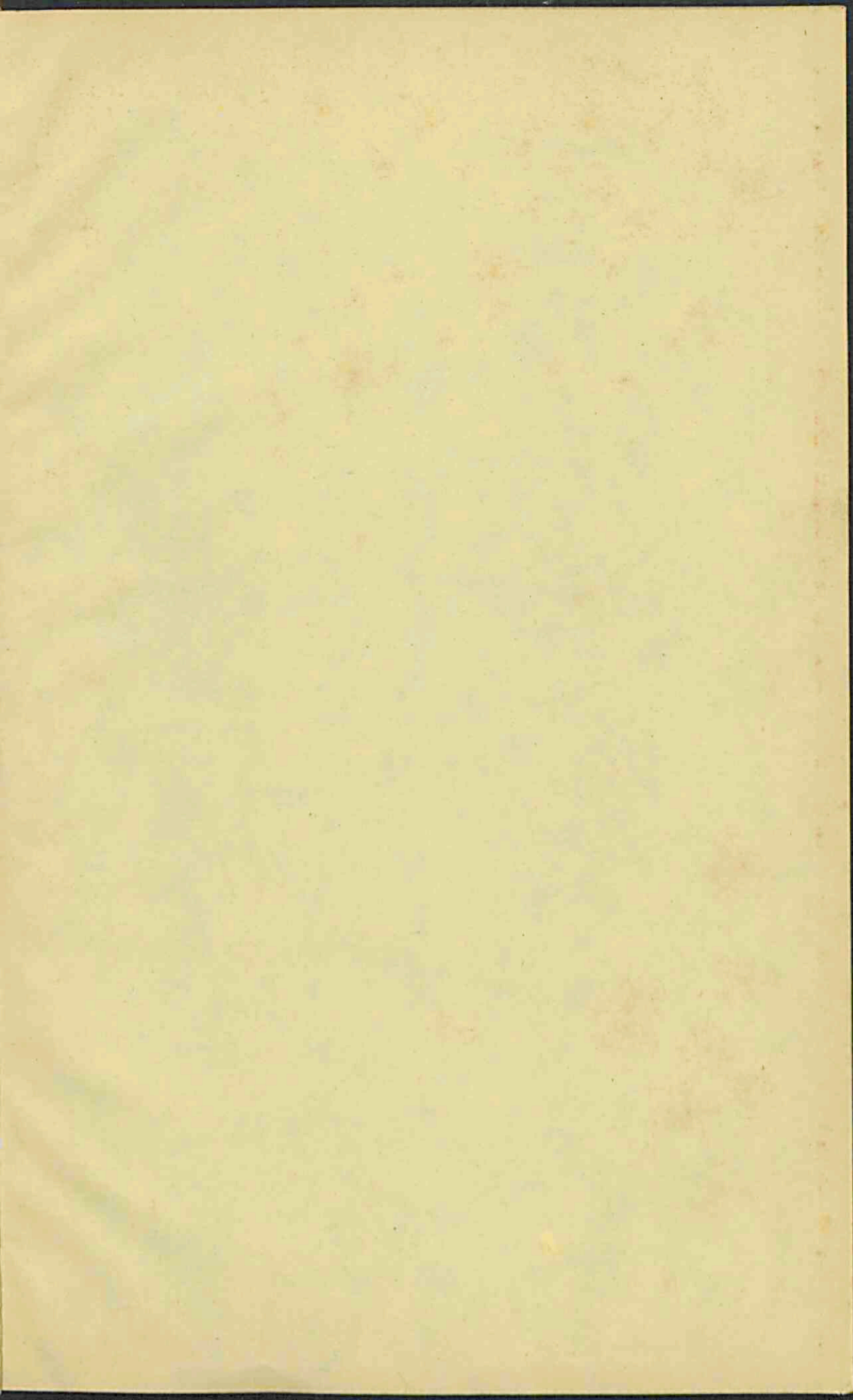
Jener Gedanke, dass die Welt bloss eine physische, keine moralische Bedeutung habe, ist der heilloseste Irrthum, entsprungen aus der grössten Perversität des Geistes.

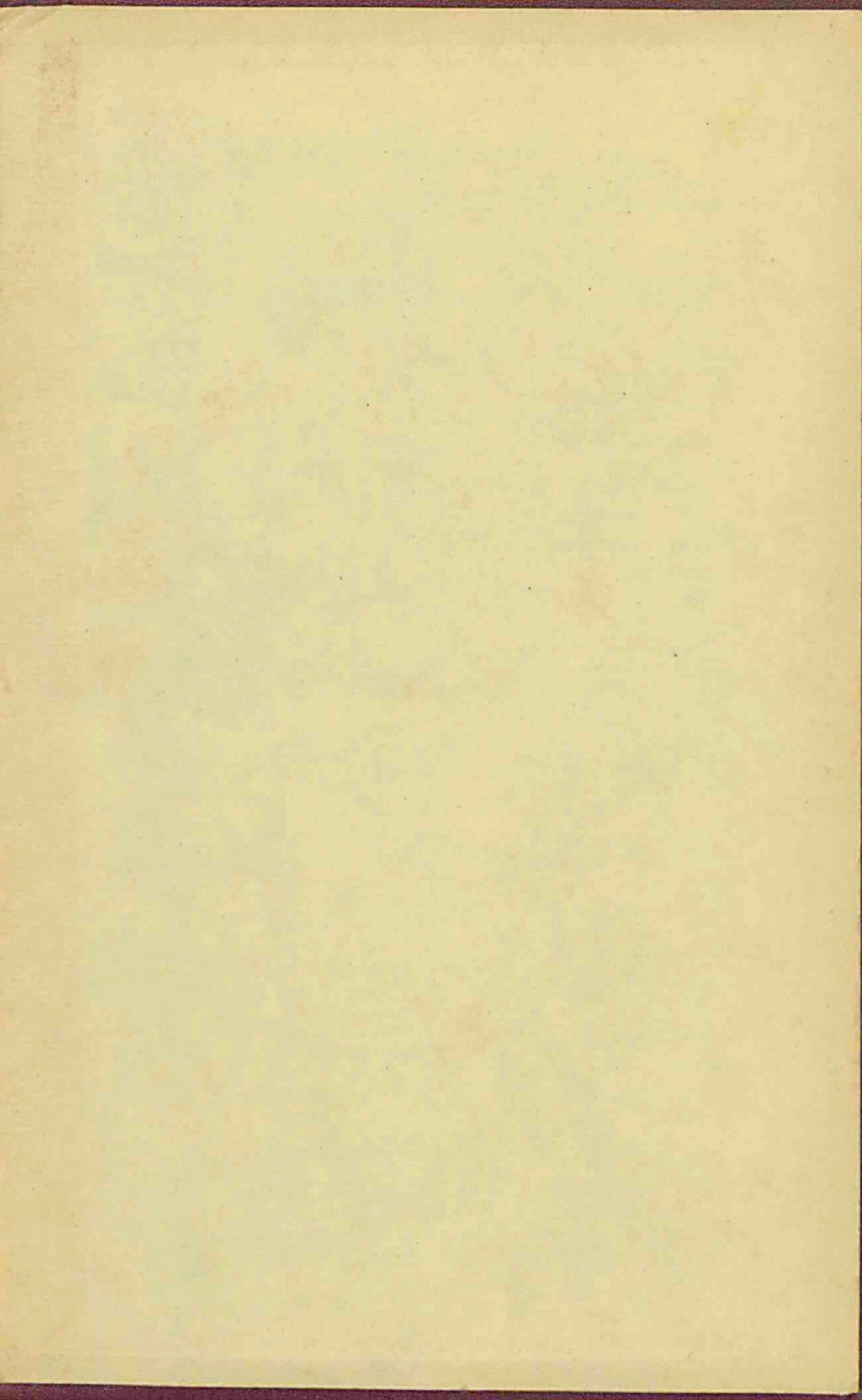
A. Schopenhauer.

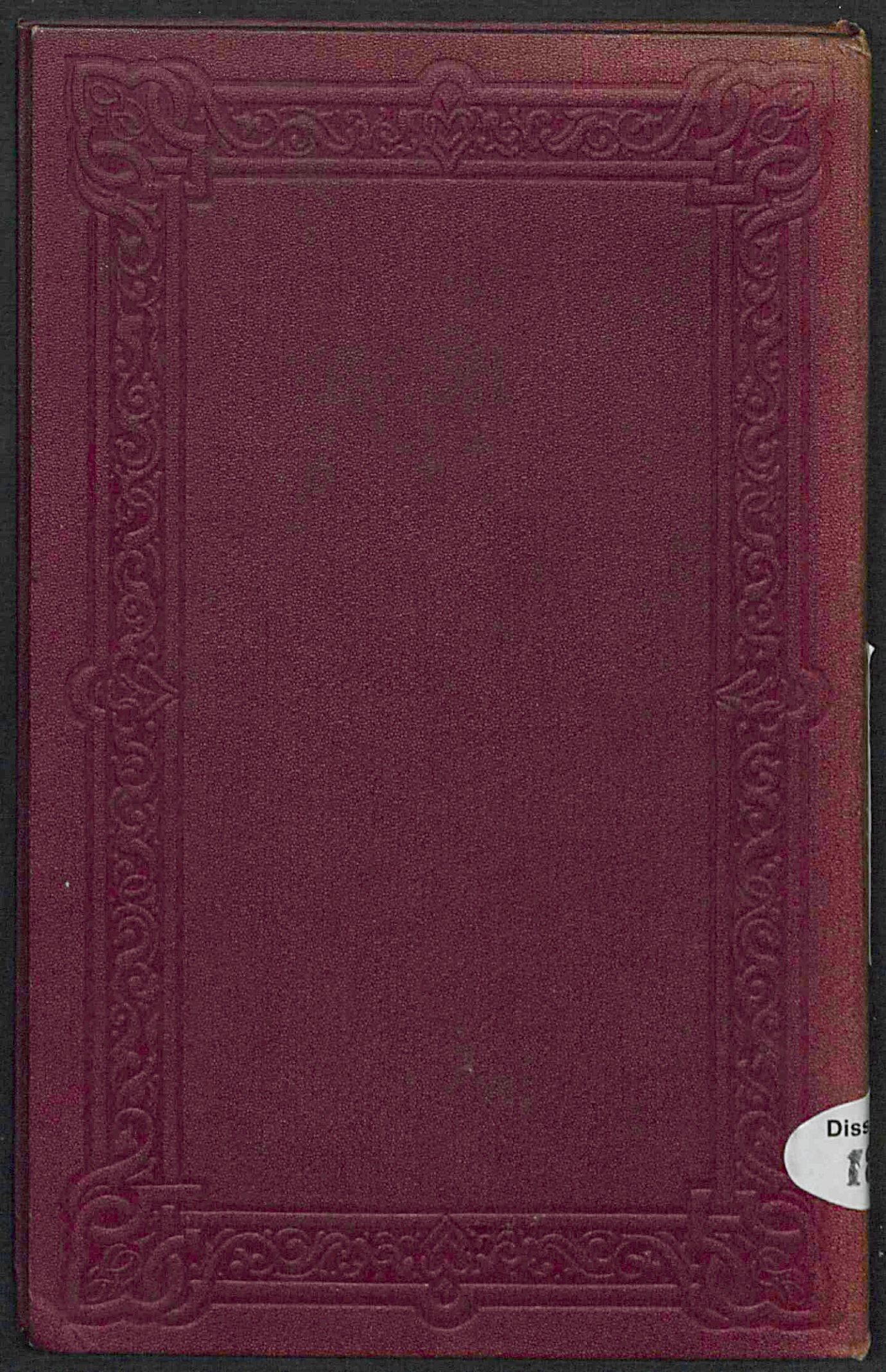
Tabel der Proefnemingen.

Nummer der Proef.	Krab en zijn gewicht.	Aantal dagen zonder voedsel.	Datum.	Tijd van het begin en einde der proef.	Duur der proef.	CO ₂ in milligr.	O in milligr.	CO ₂ in cub. cent.	O in cub. cent.	CO ₂ per uur per kilogr. in c. c.	O per uur per kilogr. in c. c.	Respirat. quotient, (Pflüger).	Gemidd. Temp. in het locaal.
I	A, — $\pm$ 35 gr.	2	18—19 April.	8.45 N. — 11. V.	14 ^h .15 ^m	29.5	33.6	14.9	23.5	29.9	47.1	63	—
II	A, — $\pm$ 35 gr.	4	20—21 April.	4.45 N. — 11. V.	18.15	29.8	40.1	15.1	28.	23.6	43.9	54	—
III	B, — $\pm$ 22½ gr.	6	22—23 April.	8.10 N. — 11.30 V.	15.20	33.1	31.25	16.7	21.9	48.4	63.3	76	17°.5
IV	A, — $\pm$ 34½ gr.	17	3—4 Mei.	7.45 N. — 11.30 V.	15.45	17.5	21.1	8.8	14.8	16.2	27.2	60	15°.5
V	C, — $\pm$ 28 gr.	4	4—5 Mei.	12.15 N. — 11. V.	22.45	25.7	27.4	13.	19.2	20.4	30.1	68	16°
VI	A, — $\pm$ 34½ gr.	19	5—6 Mei.	12.40 N. — 8. V.	19.20	26.4	30.1	13.3	21.	19.9	31.5	63	16°
VII	C, — $\pm$ 28 gr.	6	6—7 Mei.	11.6 V. — 2. N.	26.54	36.5	45.1	18.4	31.5	24.4	41.8	58	17°.5
VIII	C, — $\pm$ 28 gr.	10	10—12 Mei.	7.40 N. — 12.40 N.	41.	52.	54.7	26.3	38.3	22.9	33.3	69	16°.5
IX	A, — $\pm$ 34 gr.	35	20—24 Mei.	7. N. — 3. N.	92.	123.2	140.3	62.2	98.1	19.9	31.4	63	14°.









Diss

i